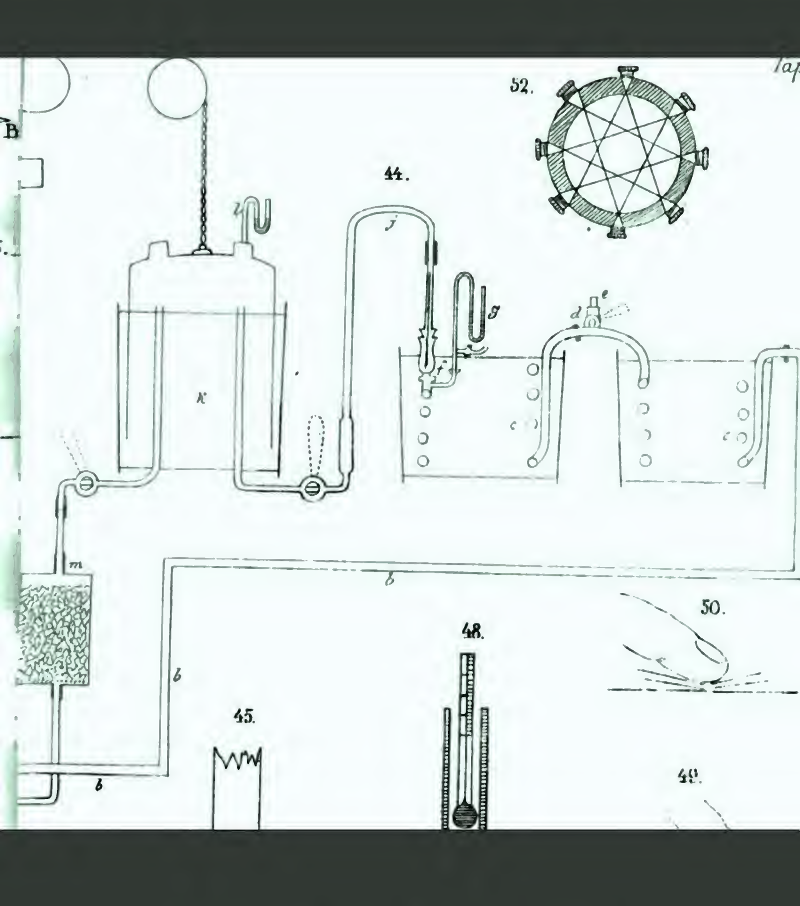


Annalen der Physik und Chemie



image
not
available

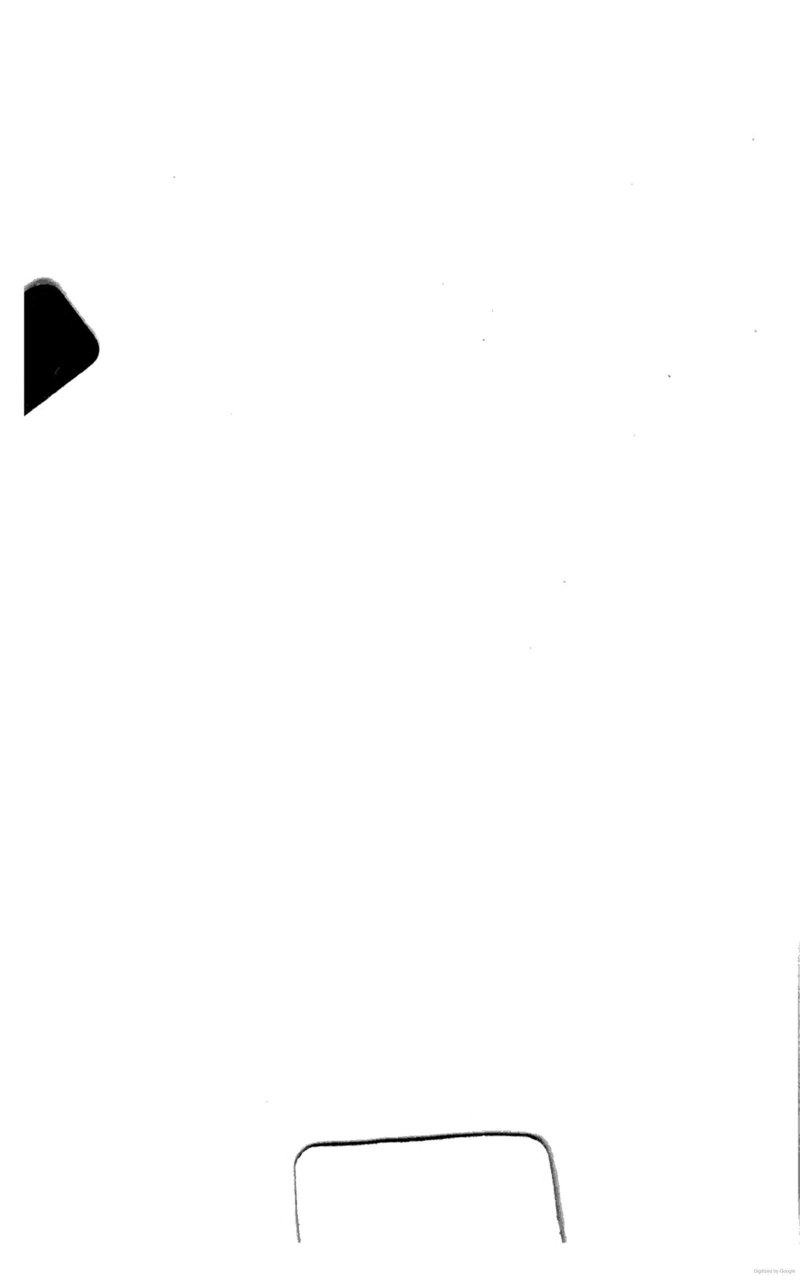
image
not
available



image not available



image
not
available

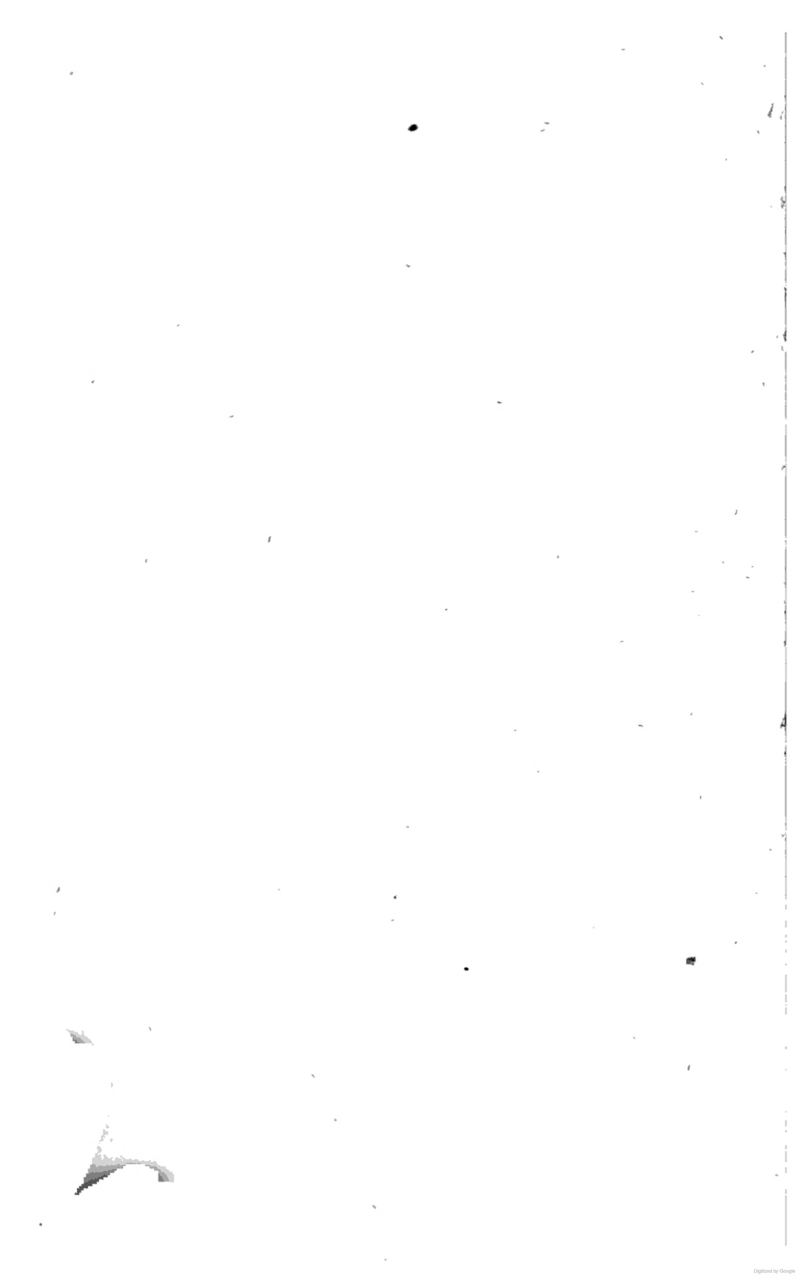


ANNALEN

DER

PHYSIK UND CHEMIE.

BAND XCVII.



ANNALEN

DER

PHYSIK

UND

CHEMIE.

VIERTE REIHE.

HERAUSGEGEBEN ZU BERLIN

VON

J. C. POGGENDORFF.

SIEBENTER BAND.

NEBST FÜNF KUPFERTAFELN.

LEIPZIG, 1856.

VERLAG VON JOHANN AMBROSIUS BARTH.

ANNALEN

DER

PHYSIK

UND

CHEMIE.

HERAUSGEGEBEN ZU BERLIN

VON

J. C. POGGENDORFF.

SIEBEN UND NEUNZIGSTER BAND.

DER GANZEN FOLGE HUNDERT UND DREI UND SIEBZIGSTER.

NEBST FÜNF KUPFERTAFELN.

LEIPZIG, 1856.

VERLAG VON JOHANN AMBROSIUS BARTH.

P



Inhalt

des Bandes XCVII der Annalen der Physik und Chemie.

Erstes Stück.

Zweites Stück.

(*Geschlossen am* 26. *Januar* 1856.)

Drittes Stück.

(*Geschlossen am* 21. *Februar* 1856.)

Viertes Stück.

(*Geschlossen am* 26. *März* 1856.)

Nachweis zu den Kupfertafeln.

1856. ANNALEN №. 1.
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND XCVII.

I. *Ueber die Löslichkeitscurven einiger Salzatome und die Siedepunkte gesättigter Salzlösungen; von P. Kremers.*

Will man die Löslichkeitscurven einzelner Glieder einer Salzgruppe miteinander vergleichen, um die Verschiedenheit ihrer Lage mit dem Unterschiede, welchen die Constitution der Salze darbietet, in einen gewissen Zusammenhang zu bringen, so ist es wesentlich nothwendig, dafs dieselben, namentlich in den Fällen, wo sie ziemlich nahe aneinanderrücken, genau nach ein und derselben Methode bestimmt sind. In der Salzgruppe, welche sich durch die allgemeine Formel PO, P_1O_5 darstellen läfst und deren Löslichkeitscurven für die Fälle, dafs P durch Na und K, dagegen P_1 durch N; Cl; Br; J und Sb substituirt wird, früher [1]) zusammengestellt wurden, sind die Curven der Salzatome KO, NO_5 und KO, ClO_5 aus den Beobachtungen von Gay-Lussac, die des Salzatoms NaO, NO_5 aus denen von Poggiale, endlich die der Salzatome NaO, ClO_5; NaO, BrO_5; KO, BrO_5 und KO, JO_5 aus meinen eigenen Beobachtungen berechnet.

Nach Gay-Lussac erhält man eine vollständig gesättigte und keineswegs übersättigte Salzlösung, gleichgültig ob man die Methode der Erwärmung oder die der Erkaltung anwendet, wenn man nur schliefslich die Salzlösung während dreier Stunden constant bei der Versuchstemperatur erhält und dabei öfter umrührt [2]). Welche von diesen beiden Methoden Gay-Lussac anwandte, ob die

1) Pogg. Ann. Bd. 94, S. 255.
2) *Ann. chim. phys.* (3.) 8. 465.

Erwärmungs- oder die Erkaltungsmethode, ist mir augenblicklich nicht gegenwärtig, überdiefs aber auch nach Gay-Lussac's eigener Aussage vollkommen gleichgültig.

Poggiale wandte die Erkaltungsmethode an, und wenn er auch nicht ausdrücklich bemerkt, dafs die Salzlösungen schliefslich während dreier Stunden constant bei der Versuchstemperatur erhalten wurden, so geht doch aus der ganzen Darstellungsweise hervor, dafs er genau nach der Vorschrift von Gay-Lussac verfuhr [1]).

Bei meinen bisher veröffentlichten Löslichkeitsversuchen habe auch ich, gleich Poggiale, die Erkaltungsmethode angewandt, ich habe indefs die Salzlösungen schliefslich nicht während dreier Stunden constant bei der Versuchstemperatur erhalten, sondern liefs die heifs gesättigten Salzlösungen unter mehr oder weniger häufigem Schütteln bis auf die Versuchstemperatur erkalten und bestimmte alsdann sogleich deren Gehalt an Salz.

Die aus meinen Beobachtungen berechneten Curven können daher einem gewissen Grade der Uebersättigung entsprechen, sie können eigentlich nicht streng vergleichbar seyn mit denen der genannten beiden Forscher.

In wie weit sich die aus meinen Beobachtungen berechneten Curven von denen unterscheiden, welche Gay-Lussac als die der gewöhnlichen Sättigung entsprechenden bezeichnet, glaubte ich durch einige vergleichende Versuche entscheiden zu müssen, ehe ich den bisher eingeschlagenen Weg weiter verfolgte.

Zu diesem Zwecke habe ich den Gehalt der bereits früher untersuchten Salzlösungen noch einmal bestimmt und zwar, nachdem sie, bis auf die Versuchstemperatur erkaltet, mit den unterdefs abgesetzten Krystallen noch während einer Stunde fortwährend lebhaft geschüttelt wurden, während welcher Zeit die Temperatur so viel als möglich constant blieb; ich habe überdiefs dieselben Salzlösungen während mehr oder weniger als 10 Stunden einer Temperatur von 0° C. ausgesetzt.

1) *Ann. chim. phys.* (3.) 8. 465.

Da es mit Ausnahme dieser letzteren Temperatur immer etwas umständlich ist, einen bestimmten Temperaturgrad ganz genau constant zu erhalten, so habe ich bei meinen Versuchen kleine Schwankungen zugelassen. Wenn ich z. B. die Löslichkeit irgend eines Salzes bei 80° C. untersuchen wollte, so liefs ich die Salzlösung bis auf diese Temperatur erkalten, darauf erwärmte ich sie wieder bis 81°, liefs sie wieder bis 80° erkalten u. s. w. Während dieser beständigen Schwankungen, welche namentlich bei höheren Temperaturen ungeheuer rasch aufeinander folgen, wurde die Salzlösung fortwährend in lebhafter Bewegung erhalten. Je niedriger die Versuchstemperaturen, von um so geringerem Umfange waren auch die Schwankungen, so dafs sie schon bei 20° C. kaum merklich waren. Die Löslichkeitswerthe von 0° wurden sämmtlich in der Weise erhalten, dafs die in einem kleinen etwas langhalsigen Kölbchen befindlichen Salzlösungen nach allen Seiten hin gleichmäfsig von einer dicken Schicht gepulverten schmelzenden Eises umgeben und mit dieser Umhüllung fortwährend lebhaft geschüttelt wurden. Die in der beschriebenen Weise dargestellten Concentrationsgrade wurden darauf filtrirt und zwar bei einer Temperatur, welche der Versuchstemperatur soweit als möglich genähert war; nur bei Temperaturen von 100° C. und darüber, welche ich dem von mir benutzten Trichter nicht ertheilen konnte, machte ich mitunter hiervon eine Ausnahme, weil die Unterschiede in der Löslichkeit ein und desselben Salzes, wenn man filtrirt oder nicht, hier schon bemerklich werden, Unterschiede, welche wohl mehr der Abkühlung als dem Umstande zuzuschreiben sind, dafs hin und wieder ein blofs suspendirter Krystall mit der Lösung fortgerissen wird. Diese durch die Abkühlung verursachten Unterschiede scheinen indefs schon bei 80° C. fortzufallen, sobald man nur die Vorsicht anwendet, den Trichter, wodurch filtrirt wird, eher etwas wärmer als kälter zu erhalten. So z. B. erhielt ich für die Löslichkeit des Salzatoms KO, BrO_5 bei 80° C. zwei durchaus gleiche Werthe, wenn jedesmal in der an-

gegebenen Weise filtrirt wurde, wie diefs weiter unten angegeben ist. Der Gehalt der Salzlösungen an wasserfreiem Salze wurde genau wie früher durch einfache Destillation bestimmt, auch waren die Salze, wie dort angegeben [1]), durch doppelte Krystallisation gereinigt.

Die in dieser Weise erhaltenen Resultate sind hiernächst tabellarisch zusammengestellt. Die einzelnen Zahlen bedeuten die Gewichtsmengen Wasser, welche ein Gewichtstheil des überschriebenen wasserfreien Salzes zur Lösung bei den nebenstehenden Temperaturen bedarf und zwar enthält

die Colonne I meine früheren Versuche, wo nämlich die Salzlösungen analysirt wurden unmittelbar nachdem sie unter mehr oder weniger häufigem Schütteln bis auf den beistehenden Temperaturgrad erkaltet waren;

die Colonne II dagegen neuere Versuche, wo nämlich die Salzlösungen darnach noch während einer Stunde bei der nebenstehenden Temperatur unter lebhaftem Schütteln erhalten wurden;

die Colonne III endlich ebenfalls neuere Versuche, bei welchen nämlich die Salzlösungen die angegebene Stundenzahl bei der Temperatur von 0° C. verblieben und nur von Zeit zu Zeit so viel bewegt wurden, als eben nöthig war, das geschmolzene Eis zu entfernen.

Die Werthe der Colonne I sind zum Theil nicht unmittelbar gefunden, sondern den Curven entlehnt, welche sich aus den gefundenen Werthen construiren lassen.

	I.	II.	III.
	NaO, ClO_5		
0° C.	1,20	1,22	1,22 (9) [2])
20	0,92	1,01	
40	0,73	0,81	
60	0,60	0,68	
80	0,48	0,57	
100	0,39	0,49 [3])	

1) Pogg. Ann. Bd. 95, S. 114.

2) Die eingeklammerte Zahl bedeutet die Stundenzahl, welche die Salzlösung im Eise stand.

3) Den Werth 0,49 erhielt ich, wenn heifs filtrirt wurde, andererseits erhielt ich den Werth 0,43, wenn nicht filtrirt wurde.

	I.	II.	III.
		NaO, BrO_5	
0°		3,63	
20	2,50	2,61	
40	1,92	1,99	
60	1,54	1,60	
80	1,26	1,32	
100	1,12	1,10 [1])	
		KO, BrO_5	
0	29,90	32,13	32,07 (11)
20	14,15	14,44	
40	7,23	7,55	
60	4,20	4,39	
80	2,69	2,95 [2])	
100	1,95	2,01 [3])	
		KO, JO_5	
0	19,17	21,11	21,22 (10)
20	11,65	12,29	
40	6,88	7,76	
60	4,37	5,40	
80		4,02	
100		3,10	
		NaO, JO_5	
0		39,75	39,75 (8) [4])

Die Unterschiede der in den Colonnen I und II befindlichen Zahlen sind mitunter nicht sehr bedeutend, erreichen aber auch mitunter, wie z. B. beim jodsauren Kali eine bemerkenswerthe Gröfse. Diese mehr oder weniger grofsen Unterschiede werden nicht blofs dem verschiedenen Vermögen der Salze, übersättigte Lösungen zu bilden, sondern auch wohl dem Umstande zuzuschreiben seyn, dafs bisher der Aeufserung dieses Vermögens nicht immer gleich kräftig entgegengearbeitet wurde, dafs die Salzlösungen

1) Der Werth für 100° in Colonne II wurde erhalten ohne Filtration, wie auch sämmtliche Werthe der Colonne I.

2) Ein zweiter Versuch gab wieder genau 2,95.

3) Dieser und auch der entsprechende Werth für KO, JO_5 wurden ohne Filtration erhalten.

4) Ein anderer Versuch ergab 39,56, nachdem die Salzlösung 9 Stunden in Eis gestanden.

bald mehr bald weniger geschüttelt wurden. Die Werthe der Colonnen II und III können dagegen als gleich betrachtet werden *und glaube ich daher mit einigem Rechte annehmen zu dürfen, dafs die Curven, wie man sie nach einstündigem lebhaften Schütteln der Salzlösungen erhält, mit denen identisch sind, welche Gay-Lussac als die der gewöhnlichen Sättigung entsprechenden bezeichnet*, dafs etwaige Unterschiede zwischen diesen und jenen nur Minima seyn können, welche bei Untersuchungen über die relative Lage der Curven und deren Kreuzungspunkte, wie sie im Folgenden durchgeführt werden, unberücksichtigt bleiben können. *Die Elemente sämmtlicher Curven, welche im Laufe dieser Untersuchung noch angeführt werden, sind daher auch genau in der Weise erhalten, wie die Werthe der Colonne II.* Sie sind daher sämmtlich strenge miteinander vergleichbar und ein Umstand, welcher bisher oft störend auftrat, die Möglichkeit einer Uebersättigung, fällt von jetzt ab gänzlich fort.

Nach diesen kurzen Bemerkungen, welche vorauszuschicken ich für nöthig erachtete, glaube ich zum eigentlichen Gegenstande dieser Blätter übergehen zu können.

Die Untersuchung über die relative Lage der Löslichkeitscurven verschiedener zu ein und derselben Gruppe gehöriger Salzatome, über deren Kreuzungspunkte und die Ausdehnung der durch letztere begränzten Zonen ist bisher nur in der Weise angestellt worden, dafs Salzatome in Betracht gezogen wurden, welche bei stets gleichbleibenden negativeren Atomen sich nur durch die positiveren Atome unterschieden. Dafs andererseits bei stets gleichbleibenden positiveren Atomen die Substitution negativerer Atome eine qualitativ verschiedene Wirkung zur Folge haben werde, läfst sich aus verschiedenen Gründen als unwahrscheinlich bezeichnen. Einmal ist das elektrische Verhalten einzelner Atome überhaupt nur relativ, eine Gränze zwischen positiven und negativen Atomen also nicht festzustellen, und ferner fiel auch bereits früher ein solcher Unterschied gänzlich fort, sowohl bei der Frage über das Verhältnifs der

Volumina der Salzatome zu deren Constitution [1]), als auch bei einer ähnlichen Frage über die Contractionen, welche die Auflösung der Salzatome in Wasser begleiten.

Der Zweck der folgenden Blätter ist nun der, zu zeigen, dafs ein solcher Unterschied zwischen dem Verhalten der einzelnen Atome auch bei den Löslichkeitsverhältnissen der Salzatome durchaus fortfällt, so lange es sich nur um die Qualität der Wirkung handelt.

Als ich vor einiger Zeit [2]) die Salzgruppe PO, $P_1 O_5$ für die speciellen Fälle betrachtete, wenn P durch Na oder K und P_1 durch N; Cl; Br; J oder Sb substituirt wurde, war nur noch ein einziges Salz, über dessen Löslichkeit keine hinreichend genauen Angaben vorlagen, nämlich das jodsaure Natron (NaO, JO_5). Dafs die Curve dieses Salzatoms in dem ganzen Temperaturintervall von 0 bis 100° C. zwischen denen der Salzatome NaO, BrO_5 und NaO, SbO_5 liegen müsse, darüber konnte kein Zweifel obwalten und wurden auch bereits damals die Gründe dafür angegeben. Zweifelhaft blieb nur die Frage, ob die Curven der beiden Salzatome NaO, JO_5 und KO, JO_5 sich über oder unter 0° C. kreuzen würden. Da die Möglichkeit vorhanden war, diesen Kreuzungspunkt über 0° zu finden, die Beantwortung dieser letzteren Frage also vielleicht eine Stütze für die bisher entwickelten Ansichten abgeben könnte, so habe ich diese Lücke ausgefüllt.

Die Lösungen des jodsauren Natrons wurden genau wie die der anderen Salze durch Hinüberleiten heifser Luft entwässert. Ein Theil des Salzes efflorescirte alsdann in Nadeln noch ehe die Lösung den der Temperatur entsprechenden Sättigungsgrad besafs; ein anderer Theil des Salzes krystallisirte erst später, nachdem die Lösung den der Temperatur von vielleicht 100° C. entsprechenden Sättigungs-

1) Pogg. Ann. Bd. 94, S. 87. Das Volum wird z. B. in beiden Fällen gröfser, gleichgültig ob in dem Salzatome NaCl das Atom Na durch K oder das Atom Cl durch Br ersetzt wird; ebenso wird (Pogg. Ann. Bd. 95, S. 110) die Contraction in beiden genannten Fällen gröfser.

2) Pogg. Ann. Bd. 94, S. 255.

grad erreicht hatte und zwar in regulären Würfeln. Wurde darauf das trockne Gemenge dieser beiden verschiedenen Krystallformen in einem schwachen Luftstrome von 150° C. entwässert, bei welcher Temperatur das jodsaure Natron nach Rammelsberg (L. Gmelin's Handbuch) sämmtliches Wasser verliert [1]), so verwitterten die ersterwähnten nadelförmigen Krystalle vollständig, während die letzterwähnten regulären Würfel ihren vollständigen Glanz beibehielten. Die nadelförmigen Krystalle sind daher ohne Zweifel das zweifach gewässerte jodsaure Natron, wogegen die regulären Würfel nur das wasserfreie Salz seyn können. Nach Millon [2]) krystallisirt das jodsaure Natron bereits bei 70° C. wasserfrei. Noch will ich hier bemerken, dafs ich nie andere als die Würfelflächen beobachtet habe [3]).

Die Löslichkeitswerthe, welche ich für das jodsaure Natron gefunden, sind die in der hiernächst folgenden Tabelle angeführten. Die einzelnen Zahlen bezeichnen die Gewichtsmengen Wasser, welche ein Gewichtstheil oder ein Atom des wasserfreien jodsauren Natrons bei den nebenstehenden Temperaturen zur Lösung bedarf.

	NaO, JO_5	
	1 Gew.	1 Atom
0° C.	39,75	78,65
20	11,03	21,82
40	6,95	13,74
60	4,79	9,48
80	3,61	7,14
100	2,95	5,83

Es mögen hier noch die Werthe folgen, welche, aus den Zahlen der Colonne II (erste Tabelle) berechnet, die Löslichkeit der wasserfreien Salzatome angeben.

1) Bei dieser Temperatur wird das jodsaure Natron noch nicht zersetzt; es zeigt, wieder gelöst, weder eine Spur alkalischer Reaction, noch läfst sich Jodnatrium nachweisen.

2) *Ann. chim. phys.* (3) 9. 419.

3) Das jodsaure und ebenfalls das bromsaure Natron vermehren also die Zahl der bereits früher (Pogg. Ann. Bd. 93, S. 154) zusammengestellten Salze, welche, wasserfrei dem regulären oder wenigstens einem der einfacheren Krystallsysteme angehörend, durch den Eintritt des Krystallwassers in complicirtere Systeme hinübertreten.

	NaO, ClO_5 1 Atom	NaO, BrO_5 1 Atom	KO, BrO_5 1 Atom	KO, JO_5 1 Atom
0° C.	1,30	5,48	53,70	45,18
20	1,07	3,94	24,13	26,30
40	0,87	3,00	12,61	16,60
60	0,73	2,42	7,34	11,57
80	0,61	1,99	4,93	8,59
100	0,49 [1])	1,67	3,36	6,64

Die Zeichnung Fig. 1 Taf. I, in welcher die Temperaturen durch Abscissen, die zur Lösung eines Salzatoms nöthigen Gewichtstheile Wasser durch Ordinaten dargestellt sind, wird geeignet seyn, sämmtliche bisher zwischen 0 und 100° C. beobachteten Thatsachen in übersichtlicher Weise dem Auge vorzuführen. Die Löslichkeitscurven der 5 Natriumsalze sind daselbst durch punktirte, die der entsprechenden 5 Kaliumsalze durch ausgezogene Linien dargestellt. Da somit eine Unterscheidung beider Gruppen schon gegeben ist, so sind die einzelnen Curven nur bezeichnet durch die Atome, welche den einzelnen Gliedern nicht gemeinschaftlich sind (N; Cl; Br; J und Sb), die anderen Atome dagegen, welche sich stets wiederholen (NaO, O_5 und KO, O_5) fortgelassen.

Wie man aus Fig. 1 Taf. I ersieht, liegen in dem Temperaturintervall von 0° bis 100° C. im Ganzen vier Kreuzungspunkte und zwar zwei negative und zwei positive. Drei dieser Kreuzungspunkte waren bereits früher bekannt, der vierte, der negative Kreuzungspunkt der Curven NaO, JO_5 und KO, JO_5, ist durch Einführung der Curve NaO, JO_5 hinzugekommen. Die Aenderung der Lage, welche der negative Kreuzungspunkt der Curven KO, BrO_5 und KO, JO_5 durch Einführung der nicht übersättigten Curven erlitten hat, ist nicht bedeutend. Er lag früher bei ungefähr 11° C., wogegen er jetzt bei ungefähr 16° C. liegt. Bedeutend gröfser ist indefs die Aenderung der Lage, welche der positive Kreuzungspunkt der Curven NaO, NO_5

1) Das Mittel aus den beiden Werthen 0,52, wenn filtrirt wird und 0,46, wenn nicht filtrirt wird, mag vom wirklichen Werthe nicht sehr verschieden seyn.

und NaO, ClO_5 dadurch erfahren hat. Er lag früher bei ungefähr 32° C., wogegen er jetzt bei ungefähr 100° C. liegt. Dafs derselbe wirklich in der Nähe von 100° C., dafs er jedenfalls unter 120° C. liegt, davon habe ich mich durch die Löslichkeitsverhältnisse bei dieser Temperatur überzeugt [1]) und werde überdiefs weiter unten aus dem Verhältnisse der Siedepunkte einen zweiten Beweis dafür ableiten. Eine so bedeutende Dislocation eines Kreuzungspunktes, wie die eben erwähnte, kann übrigens nicht sehr befremden, da in allen den Fällen, wo die Curven beinahe parallel mit der Abscissenaxe laufen, eine noch so geringe Verschiebung derselben einen Kreuzungspunkt bedeutend verrücken kann.

Die zwischen 0° und 100° C. beobachteten Thatsachen, die Regelmäfsigkeit, mit welcher die Curven ein und derselben Salzgruppe mit zunehmendem Gewichte der einzelnen Salzatome mehr und mehr der Ordinate 0° asymptotisch zulaufen, wie diefs bei sämmtlichen Natriumsalzen stattfindet [2]), bis endlich dieses Verhältnifs ein anderes wird, wenn ein gewisses Gewicht überschritten ist, welcher letztere Fall bei den Curven der Salzatome KO, BrO_5 und KO, JO_5 beobachtet werden kann; ferner die dadurch zunächst bedingte Uebereinanderlagerung der Curven und die Entstehung zweier durchaus verschiedener Kreuzungsweisen, diese und andere Thatsachen haben mich auf eine Theorie hingeführt, welche jene vereinzelt auftretenden Erscheinungen unter einem allgemeinen Gesichtspunkte zu

1) Die Löslichkeit eines Gewichtstheils NaO, ClO_5 bestimmte ich bei 120° C. zu 0,30. Es berechnet sich daraus die Löslichkeit des Salzatoms NaO, ClO_5 zu 0,32; aus der Beobachtung von Poggiale berechnet sich dagegen die Löslichkeit des Salzatoms NaO, NO_5 bei derselben Temperatur zu 0,38. Mögen auch vielleicht die Beobachtungen bei diesen hohen Temperaturen nicht ganz genau seyn, so ist doch die Differenz in der Löslichkeit beider Salzatome zu bedeutend, als dafs man berechtigt sey, den Kreuzungspunkt weit über 100° C. zu verlegen.

2) Ich abstrahire hier von der Curve NaO, SbO_5, von welcher man nur weifs, dafs sie vom Coordinatenanfangspunkte weiter absteht als die Curve NaO, JO_5.

vereinigen vermag. Da diese Theorie bereits früher [1]) ausführlich entwickelt wurde, so setze ich sie hier als bekannt voraus. Sie wird durch die neuen Beobachtungen am jodsauren Natron durchaus nicht gefährdet, im Gegentheil hat sie dadurch eine Stütze mehr gewonnen. *Dieser Theorie zufolge werden die beiden in der Fig.* 1 *Taf. I aufeinandergelagerten Curvensysteme, das Curvensystem der Natriumsalze einerseits und das der Kaliumsalze andererseits, betrachtet als zwei verschiedene Abschnitte ein und desselben Curvensystems,* wie diefs durch die Fig. 2 Taf. I anschaulich gemacht wird.

Die Fig. 2 Taf. I zeigt ein Curvensystem, welches aus 5 einzelnen Curven (NN; ClCl; BrBr; JJ und SbSb) besteht. Jede einzelne Curve schneidet die zunächst folgende doppelt, wodurch ein negativer und ein positiver Kreuzungspunkt entsteht. Die vier negativen und ebenso die vier positiven Kreuzungspunkte folgen gleichmäfsig aufeinander. Aus einem solchen Curvensystem läfst sich das Verhalten der 5 Kaliumsalze ebensowohl, wie das der 5 Natriumsalze, wie es zwischen 0° und 100° beobachtet und in Fig. 1 Taf. I gezeichnet wurde, herausschneiden. In der Fig. 2 Taf. I begränzen die beiden ausgezogenen Linien das Temperaturintervall von 0° bis 100° für die 5 Kaliumsalze, die beiden punktirten Linien dagegen dasselbe Intervall für die 5 entsprechenden Natriumsalze, wovon man sich durch Vergleichung der Figuren 1 und 2 leicht überzeugen wird.

Wenn es erlaubt ist, von zwei ähnlichen Gruppen auf eine dritte, die der entsprechenden Lithiumsalze, zu schliefsen, so wird man das Temperaturintervall von 0° bis 100° für diese Salzgruppe jedenfalls etwas rechts von dem der Natriumsalze abschneiden. Der positive Kreuzungspunkt von N und Cl wird also für diese Salzgruppe jedenfalls unter 100° liegen. Ob derselbe noch zwischen 0° und 100°, oder ob er bereits unter 0° liegt, kann einstweilen nur der Versuch entscheiden.

1) A. a. O.

Noch einen Punkt mufs ich hier, ehe ich weiter gehe, ausdrücklich hervorheben, nämlich dafs die eben beschriebene Weise, aus ein und demselben Curvensysteme das Verhalten der zu verschiedenen Gruppen gehörigen Curven innerhalb eines bestimmten Temperaturintervalls abzuleiten, nur das Verhalten, aber durchaus nicht das Verhältnifs der Ordinaten *Y* für die einzelnen Curventheile angiebt. Diese Verhältnisse konnten wegen der gar zu kleinen Intervalle nicht berücksichtigt werden.

Wie die so eben durchgeführte erste Vergleichsweise, wo nämlich die Curven der 5 Natriumsalze einerseits und die der 5 entsprechenden Kaliumsalze andererseits miteinander verglichen wurden, ebenso läfst sich auch die zweite Vergleichsweise, wo nämlich nach und nach die Curve eines jeden Kaliumsalzes mit der seines entsprechenden Natriumsalzes verglichen wird, mit der früher aufgestellten Theorie in Einklang bringen; *wie dort, so können auch hier aus ein und demselben Curvensysteme verschiedene andere abgeleitet werden, welche das Verhalten der verschiedenen Salzatome zwischen* 0° *und* 100° *darstellen.* Die Fig. 3 Taf. I mag das eben Bemerkte veranschaulichen.

Die Fig. 3 stellt zwei sich doppelt kreuzende Curven (NaNa und KK) dar. Je zwei miteinander verbundene Normalen schneiden aus diesen beiden Curven ein Stück heraus, welches das für die bezeichneten Salze [1]) zwischen 0° und 100° unmittelbar Beobachtete darstellt, wie man sich durch Vergleichung der Figuren 1 und 3 Taf. I überzeugen wird.

Wollte man für das Atom Li eine dritte Curve in die Fig. 3 Taf. I hineintragen, so wird dieselbe jedenfalls so liegen müssen, dafs sowohl —LiNa links von —NaK, als auch +LiNa links von +NaK liegt. Dafs der Punkt —LiNa bereits nicht mehr in dem durch J bezeichneten Temperaturintervall zu suchen ist, darüber kann kein Zwei-

1) Die Formeln der Salze werden erhalten, wenn man zu dem Atom, welches die Curve, und dem Atom, welches den Abschnitt bezeichnet, noch 6 Atome Sauerstoff hinzuschreibt.

fel bleiben, da die Löslichkeit der beiden Salzatome LiO, JO_5 und NaO, JO_5 so enorm verschieden ist [1]). Wenn man daher einerseits nicht ohne Grund behaupten kann, dafs der Punkt —LiNa, wenn nicht schon jenseits, so doch wenigstens in dem durch Sb bezeichneten Curvenabschnitte liegen wird, so läfst sich andererseits nichts darüber angeben, ob der Punkt +LiNa noch in dem Abschnitt N oder ob er bereits in dem Abschnitt Cl oder Br liegen wird, da alle näheren Angaben über die Löslichkeit dieser Lithiumsalze fehlen.

Um nun zu den Löslichkeitscurven der Salzgruppen überzugehen, deren einzelne Glieder bei stets gleichbleibenden positiveren Atomen sich durch die negativeren Atome unterscheiden, so habe ich dazu Salzatome gewählt, welche sich durch die allgemeine Formel PN darstellen lassen. Die hier in Betracht gezogenen Curven sind die der 6 Salzatome, welche man erhält, wenn P durch das Atom Na oder K und N durch das Atom Cl; Br oder J substituirt wird. Zwei dieser Salzatome waren bereits hinreichend untersucht, nämlich KCl durch Gay-Lussac und NaCl durch Poggiale; es blieb daher nur noch übrig, die Löslichkeit der vier anderen Salzatome (NaBr; NaJ; KBr und KJ) zu bestimmen.

Die Art und Weise, wie ich diese Salze gereinigt, den der Temperatur entsprechenden Sättigungsgrad erreicht und endlich den Gehalt der Lösungen an wasserfreiem Salze bestimmt habe, ist genau die weiter oben beschriebene. In Bezug auf die letzte der erwähnten Operationen mufs ich bemerken, dafs die beiden Brommetalle und auch noch das Jodkalium als Salze bezeichnet werden, welche bei höherer Temperatur durch die atmosphärische Kohlensäure nicht merklich zersetzt werden, dafs indefs dieser Umstand, wie ich mich selbst überzeugte, beim Jodnatrium schon

1) Aus einer Angabe von Rammelsberg (Gmelin's Handbuch) berechnet sich die Löslichkeit des Atoms LiO, JO_3 für kaltes Wasser zu 3,63, wogegen die Löslichkeit des Salzatoms NaO, JO_5 bei der entsprechenden Temperatur vielleicht 40 bis 50 seyn wird.

ganz merklich auftritt. Bei dem Abdampfen der Lösungen dieses letzteren Salzes habe ich daher den Luftzug so geschwächt, dafs eine Dislocation des Wasserdampfes nur eben bemerkbar wurde und habe dafür die Temperatur des Apparates bis auf etwa 170° C. gesteigert, so dafs weniger der Luftzug, als vielmehr der stetig sich entwickelnde Dampf die Destillation beschleunigte. Wurde die Destillation in dieser Weise geleitet, so war in dem Destillat keine Säure nachzuweisen, so lange sich Wasserdampf in merklicher Menge entwickelte; nur die letzte Spur entweichenden Wassers reagirte sauer, doch war der Verlust des Apparates alsdann von Stunde zu Stunde nicht bemerklich. Auch sey hier noch bemerkt, dafs die Lösungen des Jodkaliums und des Jodnatriums ungeachtet des Umkrystallisirens immer noch etwas gelblich waren.

Die Löslichkeitswerthe, welche ich erhalten, sind in der hiernächst folgenden Tabelle zusammengestellt. Die einzelnen Zahlenwerthe bedeuten die Gewichtstheile Wasser, welche ein Gewichtstheil oder ein Atom des überschriebenen wasserfreien Salzes bei der nebenstehenden Temperatur zur Lösung bedarf.

	NaBr			NaJ	
	1 Gew.	1 Atom		1 Gew.	1 Atom
0° C.	1,29	1,33	0° C.	0,63	0,94
20	1,13	1,16	20	0,56	0,84
40	0,96	0,99	40	0,48	0,72
60	0,90[1])	0,93	60	0,39	0,59
80	0,89	0,91	80	0,33	0,50[2])
100	0,87	0,89	100	0,32	0,49
			120	0,31	0,47
			140	0,30	0,46

1) Dieser und die beiden folgenden Concentrationsgrade blieben übersättigt, bis sie, auf etwa 20° C., erkaltet, plötzlich unter merklicher Temperaturerhöhung zu einer mehr oder weniger compacten Masse erstarrten.

2) Dieser und die drei folgenden Werthe wurden erhalten ohne Filtration, wogegen sonst sämmtliche Lösungen dieser vier Salze filtrirt wurden.

	K Br	
	1 Gew.	1 Atom
0° C.	1,87	2,23
20	1,55	1,85
40	1,34	1,59
60	1,18	1,41
80	1,07	1,27
100	0,98	1,17

	K J	
	1 Gew.	1 Atom
0° C.	0,79	1,31
20	0,70	1,16
40	0,63	1,04
60	0,57	0,95
80	0,53	0,87
100	0,51	0,84

Die relative Lage, welche die Löslichkeitscurven dieser vier und der bereits früher untersuchten beiden Salzatome zwischen 0° und 100° gegeneinander einnehmen, wird durch die Fig. 4 Taf. I veranschaulicht. Auch hier sind der Uebersichtlichkeit halber die Curven der Natriumsalze durch punktirte, die der Kaliumsalze durch ausgezogene Linien dargestellt und die Curven selbst auch nur durch die veränderlichen Atome bezeichnet.

Wie man aus der Fig. 4 Taf. I ersieht, schneiden sich die Curven Na Cl; Na Br und Na J ebenso wenig wie die drei anderen Curven K Cl; K Br und K J. Die erste der eingangs erwähnten Vergleichsmethoden erlaubt also nicht mit Sicherheit zu entscheiden, wie in diesem Falle die Kreuzungspunkte fortrücken.

Geht man dagegen zur zweiten Vergleichsweise über, bei welcher nämlich zu jedem der beiden Atome Na und K nacheinander je eines der Atome Cl; Br und J in der angegebenen Reihenfolge hinzutritt, so ist diese schon weit ergiebiger. Der positive Kreuzungspunkt der Curven Na Cl und K Cl liegt nämlich bei ungefähr 75° C., wogegen derselbe Kreuzungspunkt der Curven Na Br und K Br ebensowohl wie der Curven Na J und K J über 100° C. liegt.

Die hier dargestellte Wirkungsweise der drei Atome Cl; Br und J unterscheidet sich also qualitativ durchaus nicht von der früher beobachteten, obgleich dieselben doch hier die Rolle der negativeren, dort die der positiveren Atome übernehmen.

Das Verhalten der Curven, wie es zwischen 0° und 100° beobachtet und in Fig. 4 gezeichnet ist, läfst sich ebenso leicht aus einem und demselben Curvensysteme ab-

leiten, wie diefs für die weiter oben betrachteten Gruppen geschah. Man braucht zu diesem Zwecke nur in Fig. 2 das Zeichen der Kreuzungspunkte und dem entsprechend auch die Bezeichnung der Curven zu ändern und alsdann aus diesem Systeme zwei Stücke K und Na herauszuschneiden, so dafs in keines von beiden ein Kreuzungspunkt hineinfällt. Man erreicht in dieser Weise die Ableitung der ersten Vergleichsweise. Da indefs diese weniger Interesse darbietet, weil hier kein einziger Kreuzungspunkt in das Temperaturintervall 0° bis 100° hineinfällt, so werde ich mich hier auf die Darstellung der zweiten Vergleichsweise beschränken. Dieselbe wird durch Fig. 5 Taf. I gegeben.

Gleich wie in der Fig. 3, so schneiden auch in der Fig. 5 je zwei mit einander verbundene Normalen aus den beiden sich doppelt kreuzenden Curven Na Na und KK ein Stück heraus, welches das für die bezeichneten Salze zwischen 0° und 100° unmittelbar Beobachtete darstellt, wie man sich durch Vergleichung der Figuren 4 und 5 überzeugen wird. Ich mufs hier noch besonders aufmerksam machen auf die so grofse Aehnlichkeit, welche die beiden Figuren 3 und 5 darbieten. Die Curven Na Na und KK haben eine genau gleiche Lage, die gleichen Abschnitte folgen in gleicher Weise aufeinander, sie sind nur in der einen Figur sämmtlich nach rechts, in der andern Figur sämmtlich nach links verschoben, so dafs, wenn in Fig. 5 der positive Kreuzungspunkt noch in den Abschnitt Cl hineinfällt, derselbe in Fig. 3 bereits rechts von diesem Abschnitt liegt und wenn in Fig. 5 der negative Kreuzungspunkt noch links von dem Abschnitt J liegt, derselbe in Fig. 3 bereits in diesen Abschnitt hineinfällt.

Genau ebenso, wie durch den Austritt von 6 Atomen Sauerstoff aus der Figur 3 die Figur 5 entsteht, kann man aus der Figur 2 die Figur ableiten, deren Abschnitte K und Na das in Fig. 4 dargestellte Verhalten zeigen. Man braucht zu diesem Zwecke die Abschnitte K und Na nur nach rechts zu verschieben und zwar soweit bis sämmt-

liche positive Kreuzungspunkte links von dem Abschnitte K liegen [1]).

In wie weit nun andere noch weniger untersuchte Atome den vorerwähnten Gruppen beizuzählen sind, oder nicht, mag im Folgenden noch kurz behandelt werden.

Das relative Gewicht des Atoms Fluor ist kleiner als das des Atoms Cl. Wenn es der Gruppe dieses letzteren Atoms beizuzählen ist, so mufs erstlich in Fig. 5 der Abschnitt Fl rechts von dem Abschnitt Cl liegen. Dieser ersten Bedingung wird durch die Erfahrung entsprochen, denn nach H. Rose bedarf ein Gewichtstheil NaFl bei 16° C. wenigstens 23 Gewichtstheile Wasser zur Lösung und in der Hitze auch nicht weniger, wogegen nach Berzelius das Fluorkalium schnell an der Luft zerfliefst [2]). Der zweiten Bedingung wird indefs durch die Erfahrung nur dann entsprochen, wenn die Abschnitte K und Na nicht, wie in Fig. 2, aufeinander folgen, sondern gerade umgekehrt, wovon man sich leicht überzeugen wird, wenn man in Fig. 2 die Curve NN als FlFl betrachtet und die Abschnitte K und Na nach rechts und zwar bis über die positiven Kreuzungspunkte hinaus verrückt. Ob das Atom Fl in jeder Hinsicht der genannten Gruppe beizuzählen ist, mag daher einstweilen noch unentschieden bleiben.

Es liegen überdiefs noch einzelne Angaben vor über die Löslichkeit dreier Salzatome, nämlich KO, S_2O_5; NaO, S_2O_5 und KO, AsO_5, welche ich hier noch kurz erwähnen will. Da das Gewicht des Doppelatoms S_2 gerade 32 ist, es also zwischen dem Gewichte der Atome N und Cl liegt, so mufs in Fig. 3 der Abschnitt S_2 zwischen den beiden Abschnitten Cl und N liegen und ferner mufs in den Abschnitten K und Na der Fig. 2 die Curve S_2 entweder zwischen den Curven N und Cl oder bereits dem Coordinatenanfangspunkte näher liegen als die Curve N,

1) Es ist selbstredend, dafs in solchen Fällen die Löslichkeitsmaxima so weit nach rechts verschoben werden, bis sie bei irgend einer Temperatur wirklich beobachtet sind.

2) Beide Angaben aus L. Gmelin's Handbuch der Chemie.

sie darf indeſs nicht vom Coordinatenanfangspunkte weiter entfernt liegen als die Curve Cl. Der ersten dieser Bedingungen entsprechen nun allerdings beide Salze, allein der zweiten nur das Kaliumsalz; nur bei diesem liegt in Fig. 2 die Curve S_2 zwischen den Curven N und Cl, wogegen beim Natriumsalze diese Curve bereits über die Curve Cl hinausfällt. Aus den Angaben von Heeren, welche Gmelin in seinem Handbuche anführt, berechnet sich nämlich die Löslichkeit des Salzatoms KO, S_2O_5 bei 16° C. zu 19,65 und bei 100° C. zu 1,88, die des wasserfreien Salzatoms NaO, S_2O_5 bei 16° C. zu 2,72 und bei 100° C. zu 1,51. Wenn man diese Werthe in die Löslichkeitstafel hineinträgt, so muſs man sich wundern über den ähnlichen Verlauf, welchen die Curven eines jeden dieser beiden Salze mit denen der entsprechenden chlorsauren Salze darbieten. Daſs nichtsdestoweniger diese beiden Salzatome einer anderen Gruppe angehören können, daſs überhaupt die Löslichkeitscurven sämmtlicher durch ein und dieselbe allgemeine Formel bezeichneter Salzatome keineswegs immer durch ein und dasselbe Curvensystem dargestellt werden können, dafür spricht mit vieler Bestimmtheit eine Angabe von Thomson über die Löslichkeit des arsensauren Kalis (KO, AsO_5)[1]. Das relative Gewicht des Atoms As ist 75, steht also zwischen dem der Atome Cl und Br. Die Curve des Salzatoms KO, AsO_5 könnte in dem Abschnitt K der Fig. 2 nur liegen zwischen den Curven Cl und Br, wogegen jede andere Lage, sowohl die oberhalb Br als auch die unterhalb Cl für das ganze Temperaturintervall 0° bis 100° C. der Theorie zufolge durchaus nicht zulässig ist. Aus der Angabe von Thomson berechnet sich nun die Löslichkeit des wasserfreien Salzatoms KO, AsO_5 bei 6° C. zu 9,73 Gewichtstheilen Wasser. Der Unterschied zwischen dem Werthe, den die Theorie verlangt, und dem wirklich gefundenen ist zu groſs, als daſs man noch länger anstehen könnte, hier die Existenz einer zweiten Gruppe anzunehmen. Späteren Versuchen muſs es vorbehalten bleiben, das Ver-

1) L. Gmelin's Handbuch der Chemie.

hältnifs dieser beiden Gruppen näher zu bestimmen, da mir anderweitige numerische Werthe über die Löslichkeit hierhin gehöriger Salzatome bisher nicht bekannt geworden sind.

Der zweite hier zu behandelnde Gegenstand ist das Verhältnifs, welches zwischen den Siedepunkten gesättigter Salzlösungen und der Löslichkeit der darin enthaltenen Salzatome bei der Siedetemperatur obwaltet.

Wenn irgend ein Salzatom wenig Wasser zur Lösung bedarf, ein anderes mehr, so ist es ein naheliegender Gedanke, dafs das erstere Salzatom das wenige Wasser mit gröfserer Kraft zurückhalten wird als das letztere die bei weitem gröfsere Wassermenge, da schon ohnediefs die gröfsere Löslichkeit auf die gröfsere Affinität hindeutet. Wenn daher irgend ein trennendes Agenz, wie etwa die Wärme, auf beide einwirkt, so wird bei gleichem Luftdrucke das eine einer gröfseren Intensität dieser trennenden Kraft Widerstand leisten, als das andere.

Sofern die Siedepunkte, die Intensitäten der trennenden Kraft, welchen die aufgelösten Salzatome nicht mehr Widerstand *leisten* können, bei einzelnen Gliedern einer Salzgruppe, welche man vergleichen will, mitunter ziemlich weit voneinander abstehen, erfordert ein solcher Vergleich nicht immer eine absolute Gleichheit sämmtlicher Verhältnisse, unter denen die Siedepunkte bestimmt wurden.

Die hiernächst folgenden Siedepunkte gelten für einen der natürlichen Barometerstände; die Siedepunkte der einzelnen Glieder einer jeden der beiden Gruppen wurden an ein und demselben Tage bestimmt, so dafs diese Werthe, wenn auch nicht für genau denselben, doch wenigstens für zwei naheliegende Barometerstände gelten.

$NaO, JO_5 = 102°$ C.	$KO, JO_5 = 102°$ C. [1]
$NaO, BrO_5 = 109$	$KO, BrO_5 = 104$
$NaO, NO_5 = 122$	$KO, ClO_5 = 105$
$NaO, ClO_5 = 132$	$KO, NO_5 = 118$

1) Dieses Salz sowohl als auch das jodsaure Natron stofsen äufserst heftig, sobald sich Krystalle zu Boden gesetzt haben. Diese Eigenschaft nimmt indefs bei den anderen ab in dem Maafse als sie löslicher werden.

NaCl = 109° C.	KCl = 110° C.
NaBr = 121	KBr = 112
NaJ = 141	KJ = 119

Wenn man in den Figuren 1 und 4 die Löslichkeitscurven der einzelnen Salzatome über 100° C. hinaus verlängert bis zu der Siedetemperatur der gesättigten Salzlösungen, so lassen sich wohl die einzelnen Endpunkte der Curven der Kaliumsalze durch eine stetig und einseitig gekrümmte Linie miteinander verbinden und in gleicher Weise auch die der Natriumsalze durch eine zweite, allein alle Endpunkte, die der Kaliumsalze und die der Natriumsalze zusammen, lassen sich durchaus nicht durch ein und dieselbe stetig und einseitig gekrümmte Linie darstellen, wie diefs aus Fig. 4 und nicht weniger auch aus Fig. 1 ersichtlich ist [1]). Da die stetig gekrümmte Linie, welche die Siedepunkte miteinander verbindet, den beiden Coordinatenaxen asymptotisch zuläuft, so erhöhen sich sowohl in der Gruppe der Kaliumsalze als auch in der der Natriumsalze die Siedepunkte nicht blofs in gleichem, sondern in gesteigertem Maafse, wenn die Löslichkeit der Salzatome zunimmt. *Die Siedepunkte gesättigter Salzlösungen geben also, so lange man wenigstens die Vergleiche so anstellt, wie sie hier als zulässig befunden wurden, ein bequemes Mittel an die Hand, gerade dort das Verhalten der Löslichkeitscurven der einzelnen Salzatome zu bestimmen, wo die Trennung der gesättigten Lösung von den ungelösten Krystallen oft mit Schwierigkeiten verbunden ist.* Dieses Mittel ist um so werthvoller, als die Siedepunktsdifferenzen schon sehr bedeutend sind, wenn die Verschiedenheiten in den Löslichkeitswerthen oft noch untergeordnet erscheinen. Der Unterschied in der Löslichkeit, wie er z. B. weiter oben für die Salzatome NaO, NO_5 und NaO, ClO_5 bei 120° C. gefunden wurde, war nicht sehr bedeutend; der Unterschied in den Siedepunkten der beiden gesättigten Salzlösungen beträgt aber nicht weniger als 10° C., ein Unterschied,

1) Auffallend ist die so ähnliche Lage, welche in beiden Figuren die Curve der Kaliumsalze und die der Natriumsalze zueinander einnehmen.

welcher mit Sicherheit behaupten läfst, dafs die beiden Curven NaO, NO_5 und NaO, ClO_5 bei der Temperatur der Siedepunkte sich bereits negativ verhalten und dafs ihr positiver Kreuzungspunkt nicht fern von 100° C. liegen kann.

Noch einen Punkt mufs ich hier kurz berühren, wie nämlich das Phänomen der Uebersättigung, in der Nähe des Siedepunktes der Salzlösungen auftretend, dessen Lage merklich verändern kann.

Wenn eine noch nicht gesättigte Salzlösung durch beständiges Sieden concentrirt wird, so steigt deren Temperatur fortwährend, bis sich der erste Krystall absetzt. Diese Temperatur bleibt alsdann bei vielen Salzlösungen ziemlich constant, während die Krystallisation in dem Maafse ruhig vor sich geht, als das Wasser entweicht. Bei manchen Salzlösungen dagegen scheidet sich nach dem ersten Krystall sogleich eine grofse Masse einzelner Krystalle ab und die Temperatur sinkt augenblicklich um eine merkliche Gröfse. So z. B. zeigte das Thermometer unmittelbar vor der beginnenden Krystallisation in der Lösung des salpetersauren Natrons 123° C., in der des chlorsauren Natrons 135° C. und in der des bromsauren Kalis 106° C., und sank unmittelbar nach derselben bis auf die in der vorstehenden Tabelle angeführten Temperaturgrade, bei welchen es constant blieb. Diese Unterschiede, welche je nach der Höhe des Siedepunktes verschieden grofs sind, fielen mir auch bereits auf, als ich die anderen Lösungen untersuchte, doch habe ich damals versäumt, sie aufzuzeichnen. Die Erklärung dieses Phänomens ist gewifs ganz einfach. Die Salzlösung wird nämlich in Folge fortwährender Concentration offenbar eine übersättigte, sie wird es nur in anderer Weise als man gewöhnlich übersättigte Lösungen darzustellen pflegt. Dem Mehrgehalt an festem Salze entspricht der höhere Siedepunkt; wird plötzlich aus der übersättigten Lösung die der gewöhnlichen Sättigung, fällt plötzlich ein grofser Theil des festen Salzes zu Boden, so mufs auch sogleich der niedrigere Siedepunkt erscheinen.

Sämmtliche in vorstehender Tabelle angeführten Siedepunkte sind die der gewöhnlichen Sättigung, sie beziehen sich also auf Lösungen, aus denen sich bereits ein grofser Theil des Salzes zu Boden gesetzt hatte.

II. *Zur Theorie der Nobilischen Farbenringe; von W. Beetz.*

Im 95. Bande dieser Annalen hat Hr. Riemann das Gesetz, nach welchem die Radien der Nobilischen Farbenringe von der Dicke der dieselben bildenden Schicht abhängig sind, einer genaueren Analyse unterworfen, als es bisher geschehen war. Nachdem Hr. Edmond Becquerel [1]) die Dicke der Schicht, welche sich an irgend einer Stelle der als Anode dienenden Platte abgelagert hat, aus der Annahme abgeleitet hatte, dafs der Strom von dem Einströmungspunkte, der Kathode, sich in geraden Linien ausbreite, und nachdem er das dadurch gewonnene Gesetz, dafs die Radien der Ringe im einfachen umgekehrten Verhältnisse zu jenen Dicken stehen, durch Versuche bestätigt zu haben schien, hat Hr. E. du Bois-Reymond die Unhaltbarkeit jener Annahme, und somit die Unrichtigkeit des daraus hervorgehenden Gesetzes bewiesen [2]). Nach seiner Ausführung findet man vielmehr die Dicke des an einer Stelle der Platte abgelagerten Anions, wenn man als Widerstandselement denjenigen Widerstand betrachtet, welchen ein zwischen zwei Kegelmänteln liegender Theil des Elektrolyten leistet, welche ihre Spitze im Einströmungspunkt haben, und um einen unendlich kleinen Winkel von einander abweichen. Hr. du Bois-Reymond hat diese Ansicht von der Gestalt der Stromflächen keinesweges als

1) *Ann. de chim. et de phys.* 3. *Sér. XVIII.* 342.*
2) Diese Ann. Bd. LXXI, S. 71.*

eine streng richtige ausgesprochen, vielmehr von vorn herein und ausdrücklich gegen Hrn. Becquerel darauf aufmerksam gemacht, dafs die Durchschnittslinien, welche ein solcher Kegelmantel mit einer durch den Einströmungspunkt und einen Ringdurchmesser gelegten Ebene bildet, von der Gestalt einer Geraden abweichen, am meisten aber ganz in der Nähe der Platte, auf welche die Curven senkrecht aufsetzen müssen. Er glaubte aber bei der Annäherung, welche ihm die Annahme gerader Strömungscurven bot, um so mehr stehen bleiben zu dürfen, als der Widerstand zwischen den am stärksten gekrümmten Theilen verschwindend klein ist gegen den Widerstand der ganzen übrigen, zwischen den fast geradlinigen, und darum einander sehr genäherten Theilen der Curven liegenden Räume. Demgemäfs hat er als Annäherung das Gesetz gefunden, dafs sich die Dicken der Schicht umgekehrt wie die dritten Potenzen der Radien verhalten, wenn der Abstand des Einströmungspunktes von der Platte verhältnifsmäfsig sehr klein ist gegen die Radien der Ringe.

Die messenden Vrsuche, welche ich an den von mir dargestellten Ringen ausgeführt, und in unmittelbarem Anschlufs an die Arbeit meines Freundes du Bois-Reymond veröffentlicht habe, bestätigten das aufgestellte Gesetz mit durchaus hinreichender Uebereinstimmung; nur in den äufsersten Ringsystemen stellten sich Unregelmäfsigkeiten ein, deren Gründe ich a. a. O. aufzufinden gesucht habe.

Durch die dankenswerthe Arbeit des Hrn. Riemann ist nun noch ein weiterer Schritt über jene annähernde Rechnung hinaus gethan, indem die Stromescurven in der That als krummlinig in die Betrachtung eingeführt worden sind. Damit wird aber auch das von uns vertretene Gesetz der dritten Potenzen umgestofsen, und, unter ähnlichen Bedingungen gefunden, dafs die Dicken der Schicht mit wachsendem $\frac{r}{\alpha}$ abnehmen, wie eine Potenz mit dem Exponenten $\frac{r}{\alpha}$ wächst, wenn r den Radius der Ringe,

a die Erhebung des Einströmungspunktes über die Platte bezeichnet. Nur wenn die Flüssigkeitsschicht sich unendlich hoch über den Einströmungspunkt fortsetzt, wird jenes Gesetz der dritten Potenzen befolgt, man gelangt aber freilich zu demselben auf einem ganz anderen, als dem von Hrn. du Bois-Reymond befolgtem Wege. Wenn daher meine Messungen diesem Gesetze wirklich folgende Ergebnisse mit sich führten, so glaubt Hr. Riemann entweder annehmen zu müssen, dafs ich die Voraussetzung, dafs der Einströmungspunkt in der Flüssigkeitsoberfläche liege, unberücksichtigt gelassen habe, oder dafs noch andere Umstände bei der Berechnung der Stromvertheilung in Betracht zu ziehen seyen.

Ehe ich auf den letzteren, mich persönlich betreffenden, Gegenstand eingehe, mufs ich mir einige Worte über die Bedeutung zu sagen erlauben, welche die Rechnungen der HH. E. Becquerel, du Bois-Reymond und Riemann für den unmittelbar vorliegenden Zweck, für die Bestimmung des Zusammenhangs zwischen Dicke der abgelagerten Schicht, und Radius der Nobilischen Farbenringe haben können. Wer die Arbeit des Hrn. Riemann liest, könnte leicht auf die Vermuthung kommen, die Hr. Becquerel und du Bois seyen, von *derselben* Voraussetzung ausgehend, auf verschiedene Gesetze gelangt, von der nämlich, dafs sich der Strom in geraden *Linien* vom Einströmungspunkte ausbreite. Im Gegentheil aber sind die Ausgangspunkte in den Betrachtungen der HH. du Bois und Riemann wesentlich dieselben, dafs der Strom sich in *Körperschichten* ausbreitet, welche von kegelmantelartigen Flächen eingeschlossen sind. Nimmt Hr. du Bois die Seiten dieser Flächen geradlinig, so ist das eine Annäherung an die richtige Vorstellung, über deren relativen Werth er sich, wie die Abhandlung zeigt, völlig klar war; vergifst aber Hr. Becquerel, dafs sich der Strom nicht nur in einer auf die Platte senkrecht stehenden Durchschnittsebene, sondern im ganzen Raume bewegt, läfst er Stromcurven isoelektrische Flächen unter spitzen Winkeln schnei-

den, vergifst er ferner, dafs die Dicke der abgelagerten Schicht nicht der Stärke, sondern der Dichtigkeit des Stromes proportional ist, so sind das Gedankenfehler, die unter keinen Umständen eine Annäherung an die Wahrheit genannt werden dürfen. Diese ganze Rechnung Becquerels ist daher mit allen ihren Ergebnissen, so schön dieselben auch durch desselben Physikers Versuche bestätigt werden sollten, ohne Weiteres zu verwerfen. In Bezug auf die beiden übrig bleibenden Arbeiten aber entsteht die Frage, in wie weit schliefsen sich die, immerhin ziemlich groben Messungen, an die genauere Betrachtungsweise des Hrn. Riemann besser an, als an die annähernde des Hrn. du Bois-Reymond, in wie weit, liefert die sehr einfache Rechnung des Letzteren ebenso genügende Ergebnisse, als die sehr viel umständlichere des Ersteren? Selbstredend ist bei der Beantwortung dieser Frage ganz von dem allgemeinen Interesse abzusehen, welches es unbestreitbar haben mufs, an die Stelle einer angenäherten Rechnung eine genauere Facta zu sehen; es handelt sich hier nur um das besondere Interesse, welches der Anschlufs einer Theorie an die Erfahrung gewährt, und welches natürlich da aufhört, wo die gröfsere Annäherung innerhalb der Gränzen der Beobachtungsfehler liegt.

Aus der Reihe meiner Versuche, wie ich sie früher mitgetheilt habe, nehme ich einige der wesentlichsten heraus, um sie mit der neuen Theorie zu vergleichen. Es folgt aus dem von Hrn. Riemann für die Dicke der abgelagerten Schicht gegebenen Ausdruck, unter der Bedingung, dafs die Einströmungsspitze in der Oberfläche liegt, und dafs der Abstand der Spitze von der Platte, α, klein ist gegen die Radien der Ringe r, r' ..., dafs

$$a^{\frac{r}{\alpha}} \cdot d = \text{const.}$$

seyn mufs, wenn d die Dicke der Schicht und a eine Constante bedeutet, welche von den übrigen Umständen des Versuches abhängig ist. Dieser Ausdruck mufs auf meine

Versuche passen, da ich bei denselben stets die Einströmungsspitze an der Oberfläche hielt; es sey denn, dafs, wie Hr. Riemann vermuthet, noch andere Umstände in die Betrachtung zu ziehen seyen.

Da während eines Versuches α unverändert bleibt (oder vielmehr auf die Veränderung, welche die Abscheidung des Bleis an der Spitze hervorbringen mufs, leider keine Rücksicht genommen werden kann) so mufs

$$a^{\frac{r}{\alpha}} . d = a^{\frac{r'}{\alpha}} . d' = \text{Const. seyn,}$$

oder wenn man $a^{\frac{1}{\alpha}}$ mit x bezeichnet

$$x^r . d = x^{r'} . d' = \text{Const.}$$

In Tab. 1 hatte ich Messungen an den verschiedenen Farben desselben Ringsystems im Lichte des Farbenspectrums angestellt. Werden mit Benutzung von Schwerd's Angaben für die Wellenlängen der verschiedenen Farben die Dicken der Schichten bei der Beleuchtung an den Fraunhofer'schen Linien B und F bezüglich $= 688$ und $= 486$ genommen und durch d und d' bezeichnet, während die Radien $r = 13''',1$ und $r' = 14''',7$ sind, so folgt

$$\log x = 0,0943.$$

Berechnet man hiermit aus den Wellenlängen für $D = 589$ und für $E = 526$ die zugehörigen Radien, so erhält man 13,81 und 14,33, während meine Versuche 13,8 und 14,4 gegeben hatten. Entsprechend ist für die zweite, in derselben Tafel mitgetheilte Versuchsreihe der Radius für den Ring bei $D = 13,17$, bei $E = 13,66$, während 13,1 und 13,6 gefunden waren. Werden mit Zugrundlegung des Gesetzes der dritten Potenzen aus den Radien für B die für D und E berechnet, so finden sich dieselben für die erste Versuchsreihe $=$ 13,79 und 14,33, für die zweite 13,17 und 14,67, dagegen erhält man dem Becquerel'schen

Gesetze der ersten Potenzen folgend die vier Zahlen 15,30; 17,13; 14,56 und 16,35; also ist r

		gefunden.	berechnet nach du Bois-Reym.	Riemann.	Becquerel.
1	D	13,8	13,79	13,81	15,30
	E	14,4	14,33	14,33	17,13
2	D	13,1	13,17	13,17	14,56
	E	13,6	13,67	13,66	16,35.

Die beiden Theorien folgenden Rechnungen schliefsen sich also aneinander, wie an die Messungen, auf das innigste an. Ein Blick auf die letzte Spalte liefert, wenn es überhaupt noch nöthig seyn sollte, einen handgreiflichen Beweis von dem Unrecht, welches man der angenäherten Rechnung des Hrn. du Bois thun würde, wenn man sie mit der fehlerhaften des Hrn. Becquerel auf eine Stufe stellte.

Aus den Versuchen mit mehren Ringsystemen wähle ich einige mit recht zahlreichen Ringen aus. Der Werth x wird jedesmal aus zwei auf einander folgenden Beobachtungen, zu denen ich der Kürze halber nur die dunklen Ringe benutzen will, berechnet, und dann aus allen Werthen das Mittel gezogen. Um möglichst mit meinen früheren Angaben in Uebereinstimmung zu bleiben, und weil ich früher mich über die Gründe ausgesprochen, welche bei den äufsersten Ringen Abweichungen vom allgemeinen Gesetze zu veranlassen scheinen, werde ich bei der Berechnung von x wiederum die beiden äufsersten Ringe nicht mit berücksichtigen. Für d treten nach der Reihe die ungeraden Zahlen ein. Dann wird aus dem Radius des innersten Ringes $x^r . d$, und hieraus r für die einzelnen Ringe bestimmt. Zur Vergleichung sind ebenfalls aus dem Radius des innersten Ringes die übrigen Radien nach dem Gesetze der dritten Potenzen berechnet.

	gefunden.	berechnet nach Riemann.	berechnet nach du Bois-Reym.
Tafel. VII.	8,65	8,65	8,65
	9,1	9,13	9,03
	9,65	9,70	9,59
	10,3	10,38	10,26
	11,2	11,24	11,15
	12,5	12,38	12,36
	14,4	14,20	14,79
	17,4	17,85	21,33
Tafel VIII.	11,2	11,20	11,20
	12,1	12,06	12,97
	13,1	13,12	13,02
	14,55	14,55	14,57
	16,2	16,63	17,27
	18,3	21,39	24,93
Tafel X.	11,6	11,6	11,6
	12,4	12,53	12,40
	13,5	13,70	13,49
	15,1	15,27	15,09
	17,0	17,65	17,89
	19,4	22,77	25,28.

Unter meinen früheren Versuchsreihen befinden sich zwar auch zwei, bei denen die Höhe der Flüssigkeitsschicht nicht vernachlässigt war; dieselben enthalten aber nur sehr wenige Ringsysteme. Ich habe später noch eine Platte mit Ringen bedeckt, während der Einströmungspunkt in der Höhe von zwei Linien über derselben stand, und damit sechs Ringsysteme erhalten. Auch für diese theile ich die, mit Berücksichtigung der Flüssigkeitshöhe angestellten Berechnungen wie oben mit.

gefunden.	berechnet nach Riemann.	berechnet nach du Bois-Reym.
19,25	19,25	19,25
20,15	20,20	20,59
21,40	21,40	22,41
23,05	23,00	24,80
25,75	25,45	29,71
33,20	30,69	42,99.

Diese Zahlenzusammenstellung erlaubt nun folgende Schlüsse:

Wenn die Einströmungsspitze in einer zu vernachlässigenden Entfernung von der Platte angebracht ist, so geben die beiden Rechnungen merklich dieselben Werthe, mit Ausnahme des äufsersten Ringes, bei welchem die nach Hrn. Riemann's Vorgang ausgeführte Rechnung sich dem Versuche näher anschliefst. Die Stromcurven müssen demnach die angenäherte Rechnung mit ziemlicher Vollständigkeit erlauben, d. h. sie müssen sich den Geraden mit einer Genauigkeit nähern, welche erst bei der äufsersten Kegelhülle vermifst wird. In der That sieht man auch nicht recht ein, wie in einer so dünnen Schicht die Curven merklich von der Graden abweichen sollen.

Wenn dagegen die Flüssigkeitsschicht eine gröfsere Mächtigkeit erhält, so ist der Einflufs der gekrümmten Strombahnen allerdings sehr deutlich ausgesprochen. In den früher von mir mitgetheilten Messungen zeigen die Differenzen vom Mittel in dem besprochenen Falle auch schon ein regelmäfsiges Wachsen. In der eben mitgetheilten letzten Versuchsreihe schliefst sich die Rechnung nach Hrn. Riemann's Formel dem Versuche immer noch vortrefflich an, wiewohl auch hier nur das erste Glied der Reihe berücksichtigt ist, welche die Dicke der Schicht ausdrückt. Ob diefs der Grund der Abweichung im äufsersten Ringe (welche hier sogar im entgegengesetzten Sinne, wie nach der du Bois'schen Rechnung stattfindet) ist, mag ich nicht untersuchen, da der letzte Ring dem Rande der Platte etwas nahe und daher wohl nicht zuverlässig war. Die Uebereinstimmung meiner Messungen mit dem von Hrn. Riemann aufgefundenen Gesetze ist übrigens wohl so grofs, dafs eine Nachforschung nach anderweiten Umständen, welche noch in die Betrachtung zu ziehen wären, entbehrlich ist.

III. *Ueber die Wärme als Aequivalent der Arbeit; von R. Hoppe.*

Obgleich das von Clausius aufgestellte Princip, demgemäfs jeder der Wärmewirkung zuzuschreibende mechanische Effect von einem proportionalen Wärmeverlust begleitet ist, schon mehrfach (insbesondere vielseitig von Koosen, Ann. Bd. 89) besprochen worden ist, so scheint mir doch eine analytische Darlegung desselben in derjenigen Einfachheit und Allgemeinheit, deren es bezüglich auf permanente Gase fähig ist, in den bisherigen Erörterungen noch nicht enthalten zu seyn. Clausius betrachtet einen speciellen, gerade nicht den einfachsten Fall, wo ein permanentes Gas erst ausgedehnt, dann unter geringerem Drucke wieder in seinen anfänglichen Zustand zurückgeführt wird, indem er den Erfolg mit dem voraus hingestellten Principe zusammenhält, Die Berechnung wird jedoch weder zur unmittelbaren Bestätigung des Princips benutzt, noch liefert sie bei Voraussetzung desselben eine deutliche Controlle für ihre empirischen Grundlagen, weil diese in zu complicirter Weise angewandt sind. Besser, scheint es, würde, wenn überhaupt ein specieller Fall gewählt werden soll, derjenige dem Zwecke entsprechen, wo Druck und Volum abwechselnd allein variiren, so dafs die graphische Darstellung des Effects ein Rechteck wäre; denn dann würden erstlich alle unendlich kleinen Gröfsen zweiter Ordnung vermieden, und zweitens die übergehenden Wärmemengen unmittelbar durch die Capacitäten ausgedrückt seyn. Allein ebenso leicht kann man den Vorgang auch in seiner allgemeinsten Form betrachten, und den Erfolg nicht blofs nach Wiederkehr des anfänglichen Zustandes, sondern nach einer ganz beliebigen Veränderung bestimmen, so dafs das Princip sogar in erweiterter Form einestheils als strenge Folge weniger empirischer Thatsachen erscheint, anderentheils die Art seiner Abhängigkeit von denselben deutlich vor Augen gestellt wird.

Nach dem vereinigten Mariotte'schen und Gay-Lussac'schen Gesetze läfst sich die Temperatur τ eines eingeschlossenen permanenten Gases als Function des Druckes p und des Volums v durch folgende Formel ausdrücken:

$$pv = \frac{ma}{d}(1 + \alpha\tau) \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

wo m die Masse, a einen bestimmten Druck z. B. den einer Atmosphäre, d die Dichtigkeit unter dem Druck a bei der Temperatur 0 bezeichnet. Denkt man die Temperatur durch Volumincremente desselben Gases gemessen, so ist α durchaus constant, und das Mariotte'sche Gesetz die einzige auf Erfahrung beruhende Thatsache.

Bezeichnet ferner ϑ die Wärmemenge, welche die Masse m des Gases von aufsen empfangen mufs, um irgend welche Aenderungen in p, v, τ hervorzubringen, so kann man, indem man p und v als unabhängige Variable, τ als Function beider betrachtet, setzen

$$\frac{\partial\vartheta}{\partial v} = mc\frac{\partial\tau}{\partial v}; \quad \frac{\partial\vartheta}{\partial p} = mc'\frac{\partial\tau}{\partial p}.$$

Die hierdurch definirten Gröfsen c und c' drücken die Capacitäten bei beständigem Druck und bei beständigem Volum aus, und mögen vorläufig als constant betrachtet werden. Setzt man die aus Gleichung (1) hervorgehenden Werthe der partiellen Differentialquotienten von τ, nämlich

$$\frac{\partial\tau}{\partial v} = \frac{dp}{ma\alpha}; \quad \frac{\partial\tau}{\partial p} = \frac{dv}{ma\alpha}$$

ein, so kommt

$$\frac{\partial\vartheta}{\partial v} = \frac{dcp}{a\alpha}; \quad \frac{\partial\vartheta}{\partial p} = \frac{dc'v}{a\alpha}.$$

Für beliebige unendlich kleine Aenderungen von p und v hat man daher

$$\partial\vartheta = \frac{d}{a\alpha}(cp\partial v + c'v\partial p).$$

Läfst man nun das Gas aus einem Zustand in einen beliebigen anderen übergehen, so dafs sich p und v nach

irgend einem bestimmten Gesetze ändern, so werden p, v, ϑ Functionen von einander, und man hat

$$\vartheta = \frac{d}{a\alpha}\left(c\int p\partial v + c'\int v\partial p\right) \quad . \quad . \quad . \quad (2).$$

Bezeichnet τ_0 die anfängliche Temperatur, so ist nach Gleichung (1)

$$\partial\tau = \frac{ma\alpha}{d}(p\partial v + v\partial p)$$

und wenn man zwischen denselben Gränzen, auf welche ϑ Bezug hat, integrirt, und mit mc' multiplicirt,

$$mc'(\tau - \tau_0) = \frac{d}{a\alpha}c'\left(\int p\partial v + \int v\partial p\right) \quad . \quad . \quad . \quad (3),$$

diefs von Gleichung (2) abgezogen giebt

$$\vartheta - mc'(\tau - \tau_0) = \frac{d}{a\alpha}(c - c')q \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$

wo $q = \int p\,dv$ die bei der Veränderung geleistete Arbeit ausdrückt. Das Resultat der Betrachtung ist also folgendes:

Die bei irgend einer Veränderung von Volum und Druck einem Gase zugeführte Wärmemenge besteht aus zwei Theilen, deren einer die zur Erhöhung der Temperatur bei constantem Volum erforderte Wärme enthält, der andere ein Constant-Vielfaches der geleisteten Arbeit ist.

Insbesondere ergiebt sich daraus, dafs jene Wärmemenge für sich der Arbeit proportional ist, sobald nur die anfängliche Temperatur wiederkehrt, während Druck und Volum andere Werthe haben können; als reiner Wärmeverlust erscheint sie allerdings erst nach völliger Wiederherstellung des gesammten Zustandes.

Da das Resultat auf so wenigen einfachen Schlüssen beruht, so ist es nun auch nicht schwer zu bestimmen, in welcher Weise es modificirt wird, falls die beiden Voraussetzungen, das Mariotte'sche Gesetz und die Unveränderlichkeit der Capacitäten, nicht genau richtig sind. Sind c und c' bei Aenderung von Druck und Temperatur irgend welchen kleinen Veränderungen unterworfen, so kann man sie als Functionen von p und v ansehen, und die Gleichungen (2) und (3) in folgender Form schreiben:

$$\vartheta = \frac{d}{a\alpha}\left(\int c p \partial v + \int c' v \partial p\right)$$

$$m\int c' \partial \tau = \frac{d}{a\alpha}\left(\int c' p \partial v + \int c' v \partial p\right)$$

und erhält nach Subtraction beider Gleichungen

$$\vartheta - m\int c' \partial \tau = \frac{d}{a\alpha}\int (c - c') p \partial v.$$

Wird nun während der Veränderung nur Arbeit verrichtet, oder nur Arbeit verbraucht, erleidet mithin $p\partial v$ keinen Zeichenwechsel, so kann man, nach einer bekannten Eigenschaft bestimmter Integrale, die Factoren c' und $c - c'$ auch vor das Integralzeichen setzen, worauf die Gleichung wieder mit Gleichung (4) gleichlautet: nur hat man jetzt unter c', $c - c'$ bestimmte Mittelwerthe zwischen dem kleinsten und gröfsten, den diese Functionen bei der gesammten Veränderung annehmen, zu verstehen. Die Gültigkeit der Relation zwischen Arbeit und zugeführter Wärme wird demnach durch kleine Veränderungen der Capacitäten nicht beeinträchtigt. Die Verhältnifszahl selbst ist allerdings, wie es nicht anders seyn kann, gleichzeitigen Veränderungen ausgesetzt, geringeren jedoch als die Abweichung der Capacitäten beträgt.

Wird das Gas auf sein anfängliches Volum zurückgeführt, so dafs irgend einmal $p\partial v$ sein Zeichen wechseln mufs, so ist die Verhältnifszahl nicht mehr nothwendig eine Mittelgröfse von $\frac{d}{a\alpha}(c - c')$; doch sieht man, wenn man die bei der positiven und negativen Arbeit übergeführten Wärmemengen besonders darstellt, dafs jene nur um Weniges von den Werthen ihres Ausdrucks abweichen kann, so lange der Ueberschufs nicht zu gering ist. Bleibt aber von einer grofsen Arbeit nur ein kleiner positiver Ueberschufs, so möchte es schwerlich nachzuweisen seyn, ob jene Verhältnifszahl nicht um ein Beträchtliches von den Werthen ihres Ausdrucks abweicht.

Ist endlich auch das Mariotte'sche Gesetz nicht genau richtig, so kann man für pv setzen $pv + \varrho$, und ϱ als eine

kleine von p und v abhängige Gröfse betrachten, die zu Anfang der Bewegung Null ist. Führt man die Rechnung durch wie vorher, so tritt an die Stelle von

$$p\partial v;\ v\partial p$$

beziehungsweise

$$p\partial v + \frac{\partial\varrho}{\partial v}\partial v;\ v\partial p + \frac{\partial\varrho}{\partial p}\partial p.$$

Die letztere Gröfse hebt sich vollständig, und kommt nicht mehr in der resultirenden Gleichung vor. Dagegen geht q jetzt über in

$$q + \int\frac{\partial\varrho}{\partial v}\partial v.$$

Wäre ϱ von der Form $\varphi(p) + \psi(v)$, so würde die hinzutretende Gröfse $= \psi(v)$, und verschwände nach Zurückführung auf das ursprüngliche Volum. Im Allgemeinen würde indefs ϱ eine Aenderung des Wärmequantums bewirken, die jedoch augenscheinlich stets gering bleiben mufs, in sofern eine plötzliche oder schnelle Aenderung in ϱ aufser aller Wahrscheinlichkeit liegt.

IV. *Thermoelektrische Erscheinungen an gleichartigen Metallen; von R. Franz.*

Der Blätterdurchgang in Wismuthkrystallen bedingt in dem Krystall selbst die Richtung eines thermoelektrischen Stroms bei der Erwärmung des Krystalls. Ist die Lage der Blättchen geneigt gegen die erwärmte Fläche oder Kante, so ist die Richtung des positiven Stroms (der bei der Erwärmung der Berührungsstelle des Wismuth und Antimon vom Wismuth zum Antimon übergeht) durch die abfallende Schichtung der Blätter gegeben. Der Verfasser hat früher über diesen Strom Versuche beschrieben [1]).

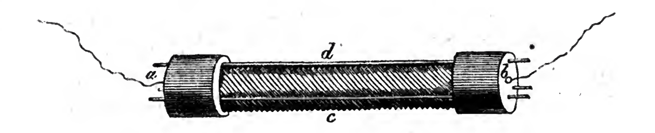
1) Pogg. Ann. Bd. 83, S. 375; Bd. 85, S. 388.

Es ist angeführt worden, dafs sich diese Ströme auch an einer Wismuthstange, welche ohne vorherrschende Spaltungsrichtung gegossen ist, auf folgende Weise erkennen lassen: Ein über den Schmelzpunkt des Wismuth erhitzter Draht, auf eine an ihren Enden mit den Drähten eines Galvanometers verbundene Wismuthstange, senkrecht zu ihr, gelegt, bringt fast stets einen Strom im Wismuth hervor; schmilzt der Draht in die Wismuthstange hinein, so wird oft das Galvanometer einen entgegengesetzt gerichteten Strom anzeigen; bei tieferem Hineinschmelzen kann der Strom seine Richtung wieder ändern, u. s. f. Bricht man, so dicht als möglich neben der Stelle, an welcher der Draht die Wismuthstange durchschnitten hat, dieselbe durch, so erkennt man deutlich einen ebenso häufigen Wechsel der Schichtung, als man vorher am Galvanometer den Wechsel der Stromrichtung beobachtet hatte.

Dieser Versuch und ähnliche, an den angeführten Orten näher beschriebene, liefsen es dem Verfasser wünschenswerth erscheinen, zu untersuchen, ob auch durch Erwärmung anderer Metalle ein thermoelektrischer Strom hervorgebracht werden könne, wenn dünne Blättchen in ähnlicher Weise an einander gereiht werden, wie sie bei der Krystallbildung des Wismuth durch die Natur geordnet sind.

Um diese Untersuchungen anstellen zu können, liefs der Verfasser aus verschiedenen Metallblechen Plättchen schlagen von verschiedener Dicke und ungefähr 2^{cm} Durchmesser. Diese Plättchen wurden zwischen zwei Korke geprefst, jedoch so, dafs sie durch drei seitlich durch Durchbohrungen der Korke gesteckte Glasstäbe in einer Lage von 45^{0} gegen die Axe der Vorrichtung gehalten wurden. Die Korke selbst waren an ihrer inneren Seite so ausgehöhlt, dafs die erste und letzte auf dem Kork ruhende Platte schon die geneigte Lage erhielt. Eine Durchbohrung in der Mitte der Korke gestattete Drähte mit den äufsersten Platten in Verbindung zu bringen. Diese Drähte bestanden jedesmal, wenn nicht das Gegentheil bei den folgenden Versuchen angegeben ist, aus demselben Metall, wie die Platten,

wurden durch Korkstückchen an die Mitte der Endplatten gedrückt, und standen mit den Kupferdrähten eines Spiegelgalvanometers in Verbindung. Die nachstehende Figur versinnlicht die Anordnung der Vorrichtung.



Denkt man sich für den Augenblick an Stelle der in der Figur angedeuteten Säule ein Stück krystallisirten Wismuths, das seine Hauptschichtung in der an der Figur durch die Stellung der Platten angedeuteten Richtung zeigt, so entsteht durch Erwärmung bei *d* ein positiver Strom in der Säule von *a* nach *b*, hingegen ist bei der Erwärmung von *c* der positive Strom von *b* nach *a* gerichtet. Mit dieser Stromesrichtung im Wismuth sind der Kürze wegen die folgenden Ergebnisse verglichen. Die Angabe »gegen Wismuth« bedeutet also, dafs bei der Schichtung der Metallplatten, wie die Figur sie zeigt, und Erwärmung bei *d*, der Strom von *b* nach *a*, bei der Erwärmung von *c* aber von *a* nach *b* gerichtet war. Der Strom wird bei dieser Bezeichnung als ein in der Säule sich bewegender gedacht.

Eine grofse Schwierigkeit bei Anstellung der Versuche entstand daraus, dafs bei grofsem Leitungswiderstande des angewandten Metalles der Strom nicht zur Erscheinung kam, ja sogar ein anderweitig erregter starker thermoelektrischer Strom gar nicht durch die Vorrichtung strömte, wenn nicht die Platten mit verhältnifsmäfsig grofser Gewalt an einander geprefst wurden. Daher ist ein Vergleich für die Stromintensität bei verschiedenen Metallen durch die angeführten Zahlen nicht gegeben; es würde z. B. beim Neusilber, wegen des grofsen Leitungswiderstandes dieses Metalles, vermehrt durch die nicht ganz innige Berührung der einzelnen Platten, der Strom eine viel gröfsere Ablen-

kung des Galvanometerspiegels bewirkt haben, wenn die Einrichtung des Apparates ein innigeres Anlegen der verschiedenen Platten an einander, und ein vollständig gleichmäfsiges bei allen Metallen, gestattet hätte.

Zur Erwärmung der Platten wurde die Spitze einer Aeolipilflamme benutzt, und die oben beschriebene Plattensäule entweder mit der Seite *c* oder mit der Seite *d* dem Spiel der Flamme ausgesetzt, jedoch so, dafs die Flamme stets nahezu lothrecht auf die Säule wirkte. Die mit Gewalt gegen die Säule strömenden brennenden Alkoholdämpfe lagerten sich dann so auf dieselbe, dafs etwa der fünfte oder vierte Theil der Säulenseite von der Flamme bespült wurde. Der bei der Erwärmung erregte Strom wurde durch ein Fernrohr an einer etwa 2^m von dem Spiegel des Galvanometers entfernten, unter dem Fernrohre befestigten, Scala abgelesen.

Der Untersuchung wurden folgende Metalle unterworfen:

Feines Silber (die Plättchen hatten ungefähr die weiter unten angegebene Dicke der Zinkplättchen).

Zwölflöthiges Silber (25 Proc. Kupfer) (von derselben Dicke).

Silber mit ungefähr 78 Proc. Kupfer (es wurden alte preufsische gute Groschen, deren Gepräge durch den Gebrauch abgenutzt war, von $0^{mm},930$ [1]) Dicke benutzt).

Neusilber I (polirte Plättchen $0^{mm},780$ dick).

Neusilber II (rohe Plättchen $0^{mm},604$ dick).

Neusilber III (rohe Plättchen $0^{mm},305$ dick).

Messing ($0^{mm},576$ dick).

Zink ($0^{mm},640$ dick).

Kupfer ($0^{mm},037$ dick).

Die Anzahl der benutzten Platten änderte sich nach der Dicke derselben, von den stärkeren Platten wurden gewöhnlich 100 angewandt, von Messing und Neusilber III 150, von Kupfer 300 bis 1400 Platten.

Es möge hier die genaue Beschreibung der Versuche

1) Mit einem Sphärometer gemessen.

nebst Angabe der erzielten Resultate folgen, wie sie bei zweien der Metalle angestellt worden sind, während bei den übrigen Metallen die Angabe des aus den gesammten Versuchen sich ergebenden Factums genügen wird, da bei den einzelnen Versuchen stets dieselben oder ähnliche Abänderungen vorgenommen, dieselben Vorsichtsmafsregeln getroffen worden sind.

Die Platten aus zwölflöthigem Silber wurden auf die oben beschriebene Weise zwischen die Korke geprefst, und durch zwölflöthige Silberdrähte mit den Galvanometerdrähten in Verbindung gesetzt. Grofse Vorsicht wurde darauf verwandt, dafs die Berührungsstelle der Drähte und Platten durch passend geformte und eingelegte Korkstücke vor der directen Strahlung der Flamme geschützt war. Beim Beginn des Blasens der Flamme gegen die eine Seite der Säule zeigten sich bei den an verschiedenen Tagen angestellten Versuchen folgende Ausschläge des Galvanometerspiegels:

Ruhelage des Spiegels 250.

$$250 - 253 = 3 \text{ wie Wismuth;}$$

d. h. also der Strom ging auf die obige Figur bezogen von *a* nach *b* durch die Säule, sobald die Erwärmung auf der Seite *d* in der Mitte derselben begann.

$$250 - 252{,}5 = 2{,}5 \text{ wie Wismuth.}$$

Nach der Abkühlung, Erwärmung der gegenüberstehenden Seite (*c*)

$$250 - 247 = 3 \text{ wie Wismuth (von } b \text{ nach } a).$$

Spätere Versuche nach neuer Schichtung der Platten:

$$250 - 252 = 2 \text{ wie Wismuth.}$$

Neuer Versuch nach erneutem Aufbau der Säule:

$$250 - 252 = 2 \text{ wie Wismuth.}$$

Nach der Abkühlung:

$$250 - 252 = 2 \text{ wie Wismuth.}$$

Nach der Abkühlung, Erwärmung der gegenüberstehenden Seite der Säule:

$$250 - 248 = 2 \text{ wie Wismuth.}$$

Nach andauernder Erwärmung der ganzen Säule wurde

dieselbe Seite durch einen Strom kalter Luft aus feiner Oeffnung abgekühlt. Es erfolgte ein Ausschlag:

$248 - 251 = 3$ wie Wismuth.

Der letzte Versuch ist wenig entscheidend, denn der Spiegel des Galvanometers war noch durch einen Strom afficirt, und nicht in die Ruhelage zurückgekehrt.

Es findet also, wie die eben angeführten Versuche zeigen, bei zwölflöthigen Silberplatten eine Stromerregung statt, wenn ihre Schichtung geneigt ist, und sie dann von einer Flamme bespült werden; der Strom ist nur schwach, aber die gleiche Richtung desselben bei den verschiedenen Versuchen bürgt für seine Existenz. Durch stärkeres Zusammenpressen der Platten konnte eine gröfsere Stromintensität hervorgebracht werden, weil der Widerstand, der dem Strom an den Gränzen der Platten, beim Uebergang von einer zu der folgenden entgegengestellt wird, durch enges Aneinanderliegen derselben sich vermindert.

Die Versuche mit Platten von feinem Silber gaben folgende Resultate:

Ruhelage des Spiegels 250.

$250 - 246 = 4$ gegen Wismuth.

Nach der Abkühlung:

$250 - 248 = 2$ gegen Wismuth.

Nach neuer Schichtung der Platten:

$250 - 248 = 2$ gegen Wismuth.

$250 - 247 = 3$ gegen Wismuth.

Bei starkem Druck ber Platten gegeneinander:

$250 - 243 = 7$ gegen Wismuth.

Bei Erwärmung der gegenüberliegenden Seite der Säule, nach der Abkühlung:

$250 - 253 = 3$ gegen Wismuth.

Die Platten waren beim letzten Versuch wenig fest aneinandergedrückt. Neuer Versuch:

$250 - 245 = 5$ gegen Wismuth.

Es wurde nun eine Säule der feinen Silberplatten zwischen eine gewöhnliche Holzklemme geprefst, und an den Enden der Säule wurden Silberdrähte eingeklemmt. Die

Säule glich also in Bezug auf ihre Schichtung einer geraden Quadratsäule, geschichtet parallel den Endflächen. Bei dieser äquatorialen Lage der Platten gegen die Drahtleitung fand kein Ausschlag des Galvanometerspiegels statt, wenn die Flamme senkrecht zu ihrer Länge die Säule bestrich. Wurde aber die Richtung der Flamme geändert, so daſs dieselbe schief die Säule traf, so zeigte sich ein Ausschlag, weil dann an dem Ende der Säule, zu dem die Flamme sich bewegte, eine Erwärmung der Verbindungsstelle zwischen Draht und Platten stattfand. Wenn auch die Drähte von demselben Metalle wie die Platten genommen waren, so war es doch möglich, daſs irgend ein kleiner Unterschied in den Bestandtheilen beider Metalle vorhanden war, oder es bewirkte der Härteunterschied zwischen Draht und Platten bei der Erwärmung ihrer Verbindungsstelle einen thermoelektrischen Strom.

Es könnte aber nun bei den oben beschriebenen Versuchen der Einwand erhoben werden, daſs die Leitung der Wärme im Innern der Säule, oder die Wärmestrahlung der Flamme selbst nothwendigerweise bei der Erwärmung irgend eines Theiles, der nicht genau in der Mitte der Säule liegt, die Erwärmung des einen Endes der Säule, und somit der Verbindungsstelle zwischen Platte und Draht auf der einen Endseite früher bewirkt, als auf der anderen; dadurch würde zwischen Platte und Draht ein thermoelektrischer Strom entstehen müssen, der im ersten Moment nicht durch den am entgegengesetzten Ende erregten von gleicher Intensität und entgegengesetztem Zeichen ausgeglichen werden kann.

Um zur Entscheidung zu gelangen, ob der beobachtete Strom ein gewöhnlicher Thermostrom sey, hervorgebracht durch die Erwärmung der Berührungsstelle zwischen Silberdraht und Silberplatte, wurden zunächst die Silberplatten an den Enden der Säule direct mit den Kupferdrähten des Galvanometers verbunden. Die Ausschläge des Spiegels waren bei dieser Anordnung und bei einseitiger Erwärmung der Silbersäule folgende:

$$250 - 245 = 5 \text{ gegen Wismuth.}$$

Nach der Abkühlung:

250 — 245 = 5 gegen Wismuth.

Nach neuer Umstellung der abgekühlten Platten:

250 — 246,5 = 3,5 gegen Wismuth.

250 — 246 = 4 gegen Wismuth.

Bei Erwärmung der gegenüberliegenden Seite der Säule war der entstehende Strom entgegengesetzt gerichtet.

Wenngleich diese letzten Versuche dasselbe Resultat liefern, wie die vorhergehenden, so sind sie doch noch nicht entscheidend, und beseitigen noch nicht den oben erhobenen Einwand. Es würde nämlich der bei der Erwärmung der Berührungsstelle vom Kupfer zum Silber gerichtete Strom die oben genannten Ablenkungen hervorgebracht haben, wenn die wegen der schiefen Lage der Platten der Strahlung der Flammenspitze mehr ausgesetzte *eine* Berührungsstelle zwischen Silber und Kupfer, bei nicht hinreichend sicherem Schutz durch die oben erwähnten Korkstückchen, erwärmt worden wäre. Es wurden daher zunächst die Kupferdrähte des Galvanometers durch Eisendrähte ersetzt, die dann erst mit den Galvanometerdrähten verbunden waren. Bei einer solchen Anordnung hätte der Strom, wenn der genannte Grund einer Erwärmung der Berührungsstelle zwischen Plättchen und Draht ihn hervorbringt, nothwendigerweise eine entgegengesetzte Richtung haben müssen, als bei der directen Verbindung der Platten mit Kupfer, da der positive thermoelektrische Strom bei der Erwärmung an der Berührungsstelle vom Silber zum Eisen, aber vom Kupfer zum Silber gerichtet ist.

Bei dieser neuen Anordnung zeigte sich im Moment der einseitigen Erwärmung der Silbersäule:

250 — 247 = 3 gegen Wismuth.

Nach der Abkühlung und neuer Schichtung der Platten:

250 — 247 = 3 gegen Wismuth.

Bei Erwärmung der gegenüberliegenden Seite der Säule nach der Abkühlung:

250 — 253 = 3 gegen Wismuth

also wieder dasselbe Resultat, wie vorher.

Es ist somit der Grund der Entstehung des beobachteten thermoelektrischen Stromes nicht aufserhalb der Säule an den Verbindungsstellen derselben mit den Drähten, sondern in der Säule selbst zu suchen.

Von geringerem Interesse war es, nach den zuletzt beschriebenen Versuchen, durch andere Drähte die Silbersäule mit den Drähten des Galvanometers zu verbinden. Es wurden jedoch noch Neusilberdrähte angewandt, und, nachdem sie die Verbindung zwischen den Silberplatten und Galvanometerdrähten hergestellt hatten, zeigte, bei Erwärmung einer Seite der Silbersäule, der Spiegel eine Ablenkung von

$$250 - 247 = 3 \text{ gegen Wismuth.}$$

Die Erwärmung der gegenüberliegenden Seite der Säule nach der Abkühlung brachte eine ungefähr gleiche Ablenkung nach der entgegengesetzten Seite hervor.

Bei allen diesen Versuchen fand die Erwärmung der Platten nahezu in der Mitte der ganzen Plattensäule statt; ziemlich bedeutende Aenderungen der Erwärmungsstelle bewirkten jedoch keine anderen Ausschläge des Galvanometerspiegels. Wurde jedoch sehr nahe an der Berührungsstelle des Verbindungsdrahtes die Säule dem Spiel der Aeolipilflamme ausgesetzt, so überwog der viel kräftigere Strom, der durch die Erwärmung der Berührungsstelle zweier verschiedenartigen Metalle hervorgebracht wurde.

Folgende Resultate ergaben sich als Mittel aus etwa zehn an verschiedenen Tagen angestellten Versuchen:

Silber III gab einen Strom in entgegengesetztem Sinne wie Wismuth von der mittleren Intensität 4,5 [1]).

Die Zinkplättchen erregten bei der einseitigen Erwärmung der aus ihnen aufgebauten Säule einen Strom, wie er sich beim Wismuth zeigt, der Spiegel zeigte eine mittlere Ablenkung von 3,5 Theilstrichen des Spiegelbildes der Scala.

1) Die mitgetheilten Zahlen geben nur die Intensität des den Galvanometerdraht durchströmenden Stromes an, aber, wie schon oben gesagt, können sie nicht zum Vergleich der elektrischen Kraft dienen, wie sie den einzelnen Metallen unter gleichen Bedingungen zukommen würde.

Bei den letzten 3 Versuchen bewirkte die Erwärmung der Zinksäule im Augenblick des Anschlagens der Flamme einen momentanen Ausschlag nach der entgegengesetzten Richtung, der aber gleich darauf in die genannte Ablenkung umschlug.

Die drei oben beschriebenen Arten von Neusilberplatten gaben einen nur an Intensität verschiedenen Strom, der die entgegengesetzte Richtung hatte, als der im Wismuthkrystall erregte. Der Strom war am stärksten (zwischen 3 und 4 Theilstrichen der angewandten Scala) bei den dickeren polirten Platten, am schwächsten bei Anwendung der 150 dünneren Platten, bei deren einseitiger Erwärmung der Spiegel nur eine Drehung machte, die einen Theilstrich der Scala dem Faden des Fernrohrs vorüberführte. Diese geringe Stromintensität hat aber wahrscheinlich nur ihren Grund in dem grofsen Leitungswiderstand, der dem Strom entgegengestellt wird.

Vor jedem Versuch wurde, nachdem die Säule, mit welcher der Versuch angestellt werden sollte, eingeschaltet war, ein Kupfer-Wismuth-Element in den Leitungsdraht befestigt, und die Berührungsstelle beider Metalle mit dem Finger berührt, theils damit über die Richtung des Stroms kein Zweifel entstehe, theils auch um zu sehen, ob die Leitung nicht an irgend einer Stelle unterbrochen sey. Dieser so erzeugte thermoelektrische Strom liefs bei den meisten Metallen die Scala vollständig den Augen entschwinden, so grofs war der Ausschlag des Spiegels. Bei Einschaltung der Neusilbersäulen entzog aber der Probestrom nicht die Scala dem Beobachter; der Ausschlag betrug sogar nur 10 bis 20 Theilstriche bei Anwendung der Säule mit 150 dünnen Neusilberplatten.

Die Messingplatten bewirkten bei einseitiger Erwärmung einer aus ihnen aufgebauten Säule einen Ausschlag von 2 bis 3 Theilen der Scala im Sinne des Wismuth.

Die sehr dünnen Kupferplatten waren durch Kupferstreifen von denselben Blechen, aus denen sie geschlagen waren, mit den Drähten des Galvanometers verbunden.

Da also hier von einem Strom zwischen den Platten und dem dieselben mit den Drähten verbindenden Metall abgesehen werden konnte, wurden zunächst nur 300 Plättchen aneinandergeprefst, die allerdings der Flamme keine grofse Fläche darboten; auf der einen Seite erwärmt, gab diese kurze Säule einen Strom von

$$250 - 247{,}5 = 2{,}5 \text{ gegen Wismuth.}$$

Nach der Abkühlnng auf der gegenüberliegenden Seite erwärmt:

$$250 - 251 = 1 \text{ gegen Wismuth.}$$

Bei Anwendung von 1100 Platten schwankte die Ablenkung des Spiegels zwischen 1,5 und 2 Theilen der Scala. Nach Zusammenstellung aller 1500 Platten bewirkte die Stromintensität, je nach der durch stärkeres Pressen veranlafsten innigeren Berührung der Platten eine Ablenkung des Galvanometerspiegels von 1,5 bis 2,5 Theilen der Scala. Der Strom war auch hier entgegengesetzt gerichtet, wie im krystallisirten Wismuth.

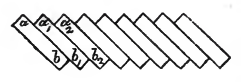
Von den untersuchten Metallen zeigen also bei einer schiefen Plattenschichtung und einseitigen Erwärmung der dadurch entstandenen Säule, zwölflöthiges Silber, Zink und Messing einen Strom, wie er bei geschichtetem (krystallisirtem) Wismuth beobachtet wird; feines Silber aber, Silber mit 78 Proc. Kupfer, Neusilber und Kupfer einen entgegengesetzt gerichteten Strom. Die Intensität des Stromes ist beim Wismuth, wegen der unvergleichbar innigeren Berührung der dünneren Schichten, eine viel gröfsere, als bei den künstlich geschichteten Metallen.

Das Bestreben, die Ursache des thermoelektrischen Stromes im gleichförmig krystallisirten Wismuth zu finden, veranlafste den Verfasser zu den vorangegangenen Versuchen. Eine Erklärung scheint ihm danach aus bekannten Thatsachen abgeleitet werden zu können.

In diesen Annalen Bd. 83 veröffentlichte Hr. Prof. Magnus Untersuchungen über thermoelektrische Ströme, und bewies unter Anderem, dafs bei Drähten desselben Metalles ein bestimmt gerichteter Strom entsteht, wenn ein

erwärmter Draht mit einem kalten Draht desselben Metalles in Berührung gebracht wird.

Es sey gestattet von der oben gezeichneten Figur einen kleinen Theil nach der Längenrichtung gedehnt zu zeichnen, so dafs ab, $a_1 b_1$ u. s. w. die zu breit gezeichneten feinen Silberplatten vorstellen.



In dem Augenblick, wo die Flamme die obere Seite einer solchen Säule berührt, ist der der *Flamme* zugewandte Theil einer jeden Platte z. B. hier die Theile a, a_1, a_2 u. s. w. stark erwärmt, während der abgewandte Theil (b, b_1, b_2) kühl, jedenfalls weniger warm ist; es ist also zwischen a und b, zwischen a_1 und b_1 u. s. w. der Grund zur Erregung eines thermoelektrischen Stromes gegeben, der, wenn man bedenkt, dafs bei der Berührung eines kalten und eines warmen feinen Silberdrahtes der Strom vom kalten zum warmen Draht gerichtet ist, in den Platten von b nach a, von b_1 nach a_1 u. s. w. gerichtet seyn mufs. Alle diese Platten sind also als kleine thermoelektrische Elemente zu betrachten, von sehr schwacher Wirkung, da hier nicht plötzlich die Berührung eines kalten und eines warmen Metallpunktes stattfindet, sondern nur ein allmählicher Uebergang vom kalten zum warmen Metall; aber, wie bei jeder Säule, so addiren sich auch hier die einzelnen entstehenden Ströme, und können in ihrer Gesammtheit sichtbar werden, wenn das Galvanometer den hinreichenden Grad von Empfindlichkeit besitzt. Es ist aber ebenso klar, dafs, wenn die gegebene Erklärung richtig ist, der auf dieselbe Weise durch Erwärmung der Seite $b b_1 b_2$ entstehende Strom die entgegengesetzte Richtung haben mufs. Ferner mufs auch (und verschiedene Versuche ergaben diese Vermuthung als richtig) nach einer Drehung der Platten um 90° gegen die gezeichnete Lage, wenn also die von links nach rechts in der Figur sich neigenden Platten von rechts nach links geschichtet sind, die Erwärmung von $a a_1 a_2$ einen Strom bewirken, der demjenigen entgegengesetzt ist, welcher an einer wie die Figur

geschichteten Säule durch Erwärmung derselben Seite entstehen würde.

Wie die Drähte von feinem Silber, so verhalten sich auch (Pogg. Ann. Bd. 83, S. 493) Neusilber- und Kupferdrähte. Die Richtung des Stromes stimmt bei den Platten aus feinem Silber, aus Neusilber und Kupfer überein. Beim Neusilber ist freilich der Strom, der bei der Berührung des warmen und kalten Drahtes entsteht, der intensivste, aber oben ist gezeigt worden, dafs der grofse Widerstand in der Neusilbersäule eine bedeutende Schwächung des Stromes bewirkte.

Wäre man im Stande, zwei Wismuthstangen ohne vorherrschende krystallinische Structur zu giefsen, so würde beim Erwärmen des Endes der einen und Berührung desselben mit dem kalten Ende der anderen der Strom, unter Annahme der oben gegebenen Erklärung, von der warmen zur kalten Wismuthstange gehen; denn nur dann kann der Strom bei einer Erwärmung von $a a_1 a_2$ von a nach b in jeder einzelnen Schicht, also, auf obige Zeichnung bezogen, von links nach rechts in dem ganzen krystallisirten Stück gerichtet seyn. Da aber stets das vorherrschend krystallinische Gefüge der Wismuthstangen die Stromrichtung bedingt, sind die Versuche über die Frage nie entscheidend ausgefallen. wenn nicht das erwärmte Ende selbst, vermöge seiner bestimmten und bekannten Schichtung, einen Strom in sich entstehen liefs, dessen Leiter das berührende kalte Wismuth wurde [1]).

Die Drähte von Zink, Messing und zwölflöthigem Silber erregten bei der Berührung eines warmen und kalten Drahtes einen Strom vom warmen zum kalten Draht (Pogg. Ann. Bd. 83, S. 493). Auf obige Figur bezogen mufste also der Strom bei diesen Metallen in den einzelnen Platten von a nach b, von a_1 nach b_1 u. s. w. gehen, also eine Richtung haben, die der vorhin beschriebenen Richtung entgegentritt, wenn die Erwärmung auf der Seite $a a_1 a_2$ erfolgt. Bei Erwärmung der gegenüberstehenden Säulen-

1) Vergl. Pogg. Ann. Bd. 83, S. 494.

seite mufs wieder der entgegengesetzt gerichtete Strom auftreten. So stehen auch die Platten von Zink, Messing und zwölflöthigem Silber den Platten der anderen genannten Metalle gegenüber; die Stromrichtung ist bei ihnen eine entgegengesetzte wie beim feinen Silber, Neusilber und Kupfer.

Es ist schon oft die Vermuthung ausgesprochen worden, dafs die Pyroelektricität der Mineralien mit der Thermoelektricität in engem Zusammenhange stehe. Der Unterschied liege nur in der geringeren Leitungsfähigkeit derjenigen Körper, welche pyroelektrische Erscheinungen zeigen, gegenüber den Metallen, an denen die thermoelektrischen Erscheinungen beobachtet sind. Von Anderen wird der Unterschied beider Elektricitäten dem zwischen statischer und dynamischer, zwischen Reibungs- und Strom-Elektricität gleichgestellt [1]).

Sollten nicht die oben mitgetheilten Versuche einen Beitrag geben, die Erklärung der Pyroelektricität zu erleichtern? Die erwähnten Erscheinungen sind hervorgetreten an einem und demselben Körper durch künstliche krystallinische Nachbildung. Freilich läfst sich an keinem von den als pyroelektrisch bekannten Mineralien ein Strom, der durch ein Galvanometer erkennbar wäre, nachweisen, aber von der krystallinischen Structur abhängige Merkmale zeigen deutlich vor dem Versuch den, nach der Erwärmung am Elektroskope wahrnehmbaren, positiven und den entgegengesetzten negativen Pol des Krystalls. Die Bildung der Turmalinkrystalle könnte an dem Ende aufgehört haben, das die Flächen des Hauptrhomboëders auf die Flächen des gewöhnlichen dreiseitigen Prismas aufgesetzt zeigt [2]), von dem anderen Ende beginnend könnte sich beim Turmalin Schicht auf Schicht so gelagert haben, wie die Hauptrhomboëderflächen am gegenüberstehenden Ende der dreiseitigen Säule es angeben. Dann wären beim Turmalin die Schichten so geordnet, dafs bei beliebiger Erwärmung

1) Pfaff in Gehler phys. Wörterbuch Bd. 9, S. 732 und 819.
2) Vergl. G. Rose in Pogg. Ann. Bd. 49, S. 315.

des Krystalls am ganzen Körper alle Schichten in gleichem Sinne Elektricität geben müfsten, und nicht wie die oben beschriebenen Metallsäulen, oder wie krystallisirtes Wismuth, entgegengesetzte Elektricität bei Erwärmung gegenüberliegender Seiten. Viele ältere und neuere Versuche scheinen die eben angedeutete Hypothese zu unterstützen. Die Nothwendigkeit der krystallinischen Structur zur Erreichung einer pyroelektrischen Erregung ist stets anerkannt worden, nachdem Rinman und Wilson gezeigt hatten, dafs der Turmalin seine pyroelektrischen Eigenschaften verliert, wenn er bis zum Schmelzen erhitzt war [1]). Die Beobachtung von Forbes, dafs ein Turmalin an beiden Enden gleiche Elektricität zeigte [2]), könnte gegen die Richtigkeit der ausgesprochenen Andeutung angeführt werden, wenn nicht schon Brewster sie aus einer Zwillingsbildung des Krystalles erklärt hätte [3]). Bei vielen Krystallen steht ihre pyroelektrische Polarität in deutlicherem Zusammenhang mit ihrer Entstehung, als beim Turmalin, z. B. zeigt nach Riefs und Rose [4]) das Kieselzinkerz am aufgewachsenen Ende stets beim Erwärmen negative Elektricität, am freien Ende positive. Auch bei diesem Mineral wurden Zwillingskrystalle untersucht [5]), welche an beiden Enden beim Erwärmen gleiche, nämlich positive Elektricität zeigten, und in der Mitte negative. Rechtstraubensäure und Linkstraubensäure, äufserlich nur dadurch unterscheidbar, dafs der Krystall der einen das Spiegelbild des Krystalls der anderen ist, zeigen beim Erwärmen Beide elektrische Pole, aber das Krystallende, das beim Erwärmen bei der Rechtstraubensäure positive Elektricität giebt, läfst bei der Linkstraubensäure negative erkennen [6]).

1) Gilb. Ann. Bd. 55, S. 378.
2) Gehler phys. Wörterb. Bd. 9, S. 1101.
3) Pogg. Ann. Bd. 2, S. 297.
4) Pogg. Ann. Bd. 59, S. 353.
5) Pogg. Ann. Bd. 59, S. 368.
6) Pasteur *Ann. de chim. et de phys.* T. 28, *p.* 56; Pogg. Ann. Bd. 80, S. 136.

Wiewohl diese einzelnen Beispiele für die oben angedeutete Hypothese zu sprechen scheinen, ist es dem Verfasser nicht entgangen, wie sich die Schwierigkeiten einer Erklärung der Pyroelektricität durch die thermoelektrischen Erscheinungen an demselben Metall häufen, sobald der Krystall mehrere pyroelektrische Axen zeigt; es müfsten in diesen Fällen zum Theil die verschiedenen Blätterdurchgänge als ebenso viele Elektricitätsquellen angesehen werden, und doch würden sich aus einer solchen Annahme noch nicht ohne weitere Schwierigkeit alle die schönen Resultate ableiten lassen, welche in der schon oft hier angeführten Abhandlung der Herren Riefs und Rose »Ueber die Pyroelektricität der Mineralien« enthalten sind. — Es bezwecken auch diese letzten Zeilen nicht, eine feste Hypothese aufzustellen, sondern nur die Möglichkeit einer solchen anzudeuten.

Es mögen zum Schlufs dieser Mittheilung noch einmal die Hauptresultate der Untersuchungen, kurz zusammengefafst, folgen:

1) Wenn dünne Plättchen desselben Metalles schief geschichtet werden, so zeigen sie bei einseitiger Erwärmung der durch die Schichtung entstandenen Säule einen durch ein Galvanometer mefsbaren Strom, dessen Richtung entgegengesetzt ist, je nachdem die obere oder untere Kante der liegenden Säule erwärmt wird. Wenn man die Metallplättchen an Stelle des Hauptblätterdurchganges des Wismuth gelegt denkt, so ist der beobachtete Strom bei zwölflöthigem Silber, Zink und Messing ebenso gerichtet, wie bei gleichförmig krystallisirtem einseitig erwärmtem Wismuth, bei schiefer Lage der Blätter. Feines Silber aber, Silber mit 78 Proc. Kupfer, Neusilber und Kupfer zeigen einen entgegengesetzt gerichteten Strom.

2) Diese beobachteten Ströme gestatten eine Erklärung, welche sich auf frühere Beobachtungen thermoelektrischer Ströme an gleichartigen Metallen stützt. Ein kalter und warmer Draht desselben Metalles geben

bei der Berührung einen thermoelektrischen Strom. Jedes der Plättchen der aufgebauten Metallsäule wird bei einseitiger Erwärmung zunächst der Wärmequelle warm, die entfernte Hälfte des Plättchens ist verhältnifsmäfsig kalt. Die in jeder Platte auf ähnliche Art wie in den kalten und warmen Drähten erzeugten Ströme addiren sich, und bewirken die Ablenkung der Nadel des Galvanometers. Der Strom mufs verschiedene Richtung haben bei den Metallen, in deren Drähten die positive Elektricität vom warmen zum kalten Draht geht, und bei denen, in deren Drähten der Uebergang der positiven Elektricität vom kalten zum warmen Draht stattfindet. Die Beobachtungen an den Plattensäulen stimmen mit den Resultaten, die hiernach vor dem Versuch erwartet wurden, überein.

3) In einer Schlufsbemerkung weiset der Verfasser darauf hin, dafs diese gewonnenen Resultate wohl dazu dienen könnten, die Erklärung der pyroelektrischen Erscheinungen an Mineralien zu erleichtern.

V. *Ueber kleine Wirbelbewegungen in Gemischen von Wasser und flüchtigen Flüssigkeiten; von J. Harting.*

(Vorgetragen in der Sitzung der K. Niederländ. Akademie der Wissensch. am 30. Juni 1855.)

Die erste Beobachtung sehr kleiner Bewegungen ist manchmal der Anfang einer Reihe wichtiger Entdeckungen gewesen, durch welche zahlreiche Erscheinungen in der Natur ihre Erklärung gefunden haben. Die schwache Anziehung, die ein geriebenes Stückchen Bernstein auf leichte Körperchen ausübt, die krampfhaften Zuckungen, die ein glücklicher Zufall in den Schenkeln eines Frosches erregte, sind die

winzigen Grundsäulen, auf welchen später das prächtige Gebäude der ganzen Elektricitätslehre errichtet worden ist.

Wer also kleine Erscheinungen seiner Beachtung nicht werth hält, nur weil sie klein sind und auf die Sinne einen schwachen Eindruck machen, der setzt sich der Gefahr aus, Vieles unbemerkt vorüber gehen zu lassen, was vielleicht einmal bestimmt ist, in der Geschichte der Wissenschaften einen ebenso bedeutenden Platz einzunehmen, wie das Bernsteinstückchen des Thales oder der Froschschenkel Galvani's.

Derlei Gedanken waren es, die mich zur genaueren Untersuchung derjenigen Erscheinung veranlafsten, auf welche neuerlich E. H. Weber die Aufmerksamkeit hingelenkt hat [1]), nämlich der Circulationsströme an Luftblasen in Gemischen von Wasser und der alkoholischen Lösung eines harzigen Körpers.

Diese von Weber sehr genau und ausführlich beschriebenen Bewegungen waren mir freilich nicht ganz unbekannt. Schon mehr als ein Mal hatte ich dergleichen beobachtet bei mikroskopischen Reactionen, wo sich Wasser oder eine wäfsrige Flüssigkeit mit Alkohol mischte. Immer waren sie mir sehr sonderbar vorgekommen; aber erst jetzt fafste ich den Entschlufs, sie genauer zu studiren, um wo möglich ihre Ursache zu enthüllen.

Zuvörderst sey die Bemerkung gemacht, dafs man zur Hervorbringung der Erscheinung auch ganz andere Wege einschlagen kann, als Weber befolgt hat. Ueberhaupt, *wenn ein Gemisch von Alkohol und Wasser Körperchen enthält, die an Gröfse und Gewicht klein genug sind, um sehr leicht in Bewegung gesetzt zu werden, die übrigens in chemischer Natur sehr verschieden seyn können, und man bringt von diesem Gemisch einen Tropfen auf eine Glasplatte, bedeckt dieselbe so mit einer gewöhnlichen Deckplatte, dafs man zugleich Luftblasen mit in die Flüssigkeitsschicht einschliefst, so werden die Körperchen an vielen dieser Blasen sich in regelmäfsiger Kreisbewegung zeigen.*

1) Diese Ann. Bd. 94, S. 447.

Diefs ist die allgemeine Darstellung der Erscheinung, allein es giebt mehre Methoden, sie zur Anschauung zu bringen.

Als beizumischende Körperchen, deren Nutzen übrigens kein anderer ist, als dafs sie die Bewegung der Flüssigkeitstheilchen sichtbar machen, können allerlei Wasserfarben angewandt werden: Carmin, Terra di Siena, Tusch, Sepia, Indigo, u. s. w. Harzige, aus ihrer Lösung in Alkohol gefällte Substanzen besitzen noch einige Vorzüge. Ihre Theilchen sind nämlich nicht allein aufserordentlich klein und leicht, sondern sie machen auch, selbst wenn sie in solcher Anzahl vorhanden sind, dafs ihre Zwischenräume fast nicht gesehen werden können, die Flüssigkeit nicht undurchsichtig, wie es die Wasserfarben schon bei einer verhältnifsmäfsig geringen Menge thun. Diefs hat zur Folge, dafs die Bewegungen in solchen harzigen Niederschlägen weit vollkommener sichtbar sind, da die geringste Strömung in der Flüssigkeit sich augenblicklich dem Auge kund giebt. Aufser den beiden von Weber angewandten harzigen Substanzen, Gummigutt und Kolophonium, habe ich mich mit gleich gutem Erfolge des Guajaks, der Myrrhe, des Mastixes und des Animegummis bedient. Kampherspiritus zeigt die Erscheinung ebenfalls, allein nur die kleineren der durch Fällung gebildeten Krystallkörperchen werden in der Bewegung mit fortgerissen.

Mit der Anwendung harziger Tincturen ist noch ein anderer Vortheil verknüpft. Bei der Mischung derselben mit Wasser, welche auf der Objectplatte selbst stattfinden kann, wird nämlich ein Theil der darin aufgelösten Luft von selbst frei, und man bekommt also ohne Mühe eine ziemliche Anzahl Luftblasen. Diefs ist zwar auch der Fall, wenn man zu einem Wassertropfen, der Farbetheilchen enthält, Alkohol fliefsen läfst. Allein, wenn man ein zuvor gemachtes Gemisch von Wasser uud Alkohol anwendet, aus welchem also die überflüssige Luft schon entwichen ist, so ist man genöthigt, darin durch rasches Auf- und Niederbewegen der Deckplatte einige Luftblasen einzu-

schliefsen, woran man dann ähnliche Erscheinungen sieht wie an den von selbst gebildeten Luftblasen. Hat man z. B. einer in einer Flasche oder Röhre enthaltenen Tinctur dieser oder jener der genannten harzigen Substanzen Wasser hinzugefügt, so wird man noch nach vielen Tagen, so lange das Gemisch milchig bleibt, darin dieselben Bewegungen beobachten, sobald nur Luft in besagter Weise hineingeführt und ein Tropfen unter das Mikroskop gebracht wird.

Auf ganz ähnliche Weise kann man Gemische von Alkohol und Wasser benutzen, und zur Sichtbarmachung der Bewegung sehr fein geriebenes Pulver von Carmin oder einer anderen leichten trocknen Substanz anwenden. Durch Untersuchung von dergleichen Gemischen in verschiedenem Verhältnisse habe ich gefunden, dafs die Bewegung am kräftigsten hervortritt mit einem Gemisch von 0,929 spec. Gew. bei 15° C. Nach Maafsgabe das specifische Gewicht ab- oder zunimmt, wird die Bewegung geringer. Mit wasserfreiem Alkohol findet sie gar nicht statt.

Betreffend die Art der Bewegung kann ich nur bestätigen, was Weber darüber ausführlich mitgetheilt und durch viele Figuren verdeutlicht hat. Allein wie sehr man auch die Figuren häufe, so ist es doch fast unmöglich, darin alle die mannigfachen Modificationen wiederzugeben, welche diese Wirbelströme darbieten, vorzüglich, wenn mehre Luftblasen einander nahe liegen und die verschiedenen Ströme ineinander greifen, oder auch wohl von einer Luftblase zur anderen übergehen.

Nur selten erblickt man blofs einen einzigen Wirbelstrom an einer Luftblase, gewöhnlich mehre, zwei, drei, vier, oder sogar fünf. Der am gewöhnlichsten vorkommende Fall ist der von zwei Wirbelströmen, die manchmal von fast gleicher, oft aber auch von sehr ungleicher Gröfse sind, und die Luftblase wie zwei halbmondförmige Figuren einschliefsen, in einigen Fällen fast wie die Stomazellen die Spaltöffnung. Die Bewegung in den beiden Strömen geschieht dann immer in entgegengesetzter Richtung. Nicht

gar selten ist in unmittelbarer Nähe der Luftblase die Bewegung so schnell, dafs man die mitgeführten Körpertheilchen nicht mehr gesondert erkennen kann. Sie folgen dem Rand der Luftblase eine kleinere oder gröfsere Strecke hindurch und biegen dann davon ab, wobei sie an Geschwindigkeit verlieren, bis diese in einigem Abstand ihr Minimum erreicht hat, worauf sie sich dann der Luftblase wieder nähern und die frühere Schnelligkeit wieder annehmen. So geht die Kreisbewegung regelmäfsig fort. Dabei häufen sich die Molecule entweder stellenweise in gewissen Regionen, oder es entsteht auch wohl ein offener Raum in der Mitte des Wirbelstroms, oder es umgeben mehre fast concentrische Ströme einander.

In einigen Fällen ist die Bewegung, wie schon Weber angegeben hat, nicht anhaltend, sondern rhythmisch mit regelmäfsigen Intermittenzen von 80 bis 120 in der Minute, fast wie die des vom Herzen fortgestofsenen Bluts; aber immer geht eine solche rhythmische Bewegung schliefslich in eine anhaltende über.

Die Gröfse der Luftblasen hat einen verhältnifsmäfsig geringen Einflufs. Ich habe starke Wirbelströme gesehen an Luftblasen von nur 0,01 Millim. Durchmesser; nur sind die Wirbelströme in der Regel an kleinen Luftblasen kleiner als an gröfseren. Aber die Bewegung ist an den ersteren keineswegs weniger schnell.

Die Erscheinung zeigt sich nicht an allen Luftblasen, ohne dafs ich die Ursache davon bisjetzt anzugeben vermag. Nur ist mir vorgekommen, dafs, wenn man bereits fertige Gemische von Alkohol und Wasser anwendet, die Bewegung sich vorzugsweise an denjenigen Luftblasen zeigt, die nicht zu weit vom Rande des Deckplättchens entfernt sind; obgleich mir auch der Fall begegnet ist, dafs die Bewegung an Luftblasen in der Mitte der Flüssigkeit, ein Centimeter und mehr vom Rande entfernt, zu beobachten war. Läfst man die Tinctur einer der oben erwähnten harzigen Substanzen mit Wasser zusammenfliefsen, — was man am leichtesten erreicht, wenn man auf dem Objectplättchen die

Tropfen einander nahe bringt und sie dann mit dem Deckplättchen bedeckt, — so sieht man Wirbelströme in allen Punkten der Flüssigkeit, wo nur Luftblasen gebildet werden.

Wenn die Flüssigkeit mit einem Deckplättchen bedeckt ist, so dauert die Bewegung natürlich nur so lange bis der Alkohol an dem offenen Rande gröfstentheils verdunstet ist. Streicht man aber Baumöl oder eine andere vor Verdunstung schützende Substanz, z. B. das zum Abschliefsen mikroskopischer Präparate dienende Lutum, mit einem Pinsel über den Rand der Deckplatte, in der Art, dafs keine Verdunstung in die freie Luft stattfinden kann, so bleibt die Bewegung ungestört fortbestehen und hört manchmal erst nach vier oder fünf Stunden auf sichtbar zu seyn.

Aeufsere Bewegungen haben keinen Einflufs darauf. Das zu meinen Untersuchungen dienende Mikroskop stand auf einem Tisch, dessen Füfse auf einer unbeweglichen steinernen Unterlage ruhten. Wenn einmal einer oder mehre Wirbelströme in das Gesichtsfeld gebracht waren, wurde das Mikroskop nicht weiter berührt, und dennoch dauerten die Bewegungen stundenlang fort.

Wichtig war die Untersuchung, ob, aufser Alkohol, auch andere flüchtige Flüssigkeiten dieselbe Eigenschaft besitzen. Bisjetzt habe ich nur Schwefeläther, Chloroform, Terpenthinöl, Holzgeist und Aceton in dieser Hinsicht untersucht. Die drei erst genannten Flüssigkeiten zeigen die Erscheinungen nicht. Der Holzgeist und das Aceton dagegen geben mit Wasser Wirbelbewegungen, die denen mit Alkohol vollkommen ähnlich sind. Aber mit Aceton können sie nur mittelst Wasserfarben oder ähnlichen unauflöslichen Substanzen sichtbar gemacht werden, da die Lösungen harziger Substanzen im Aceton keinen so fein vertheilten, sondern einen mehr zusammenhängenden massigen Niederschlag geben. Holzgeist dagegen verhält sich in jeder Hinsicht ganz wie Alkohol.

Alkohol, Holzgeist und Aceton unterscheiden sich vom Aether, Chloroform und Terpenthinöl durch die Eigenschaft,

mit Wasser in jedem Verhältnifs mischbar zu seyn, welche den drei letzten abgeht. Es ist also erlaubt, als Hauptbedingung für das Entstehen der Erscheinung anzusehen: *Dafs die angewandte Flüssigkeit ein Gemisch sey aus Wasser und einer anderen flüchtigen Flüssigkeit, welche die Eigenschaft besitzt, sich mit diesem in allen Verhältnissen zu mischen.*

Die Vermuthung liegt nahe, dafs auch andere Gemische aus zwei Flüssigkeiten von ungleicher Flüchtigkeit sich ähnlich wie die bereits genannten verhalten. Ich habe deshalb auch ein Gemisch aus Alkohol und Aether untersucht, ohne dafs es mir aber gelungen wäre, damit Wirbelströme in den zugleich hinzugesetzten Carmintheilchen hervorzurufen.

Wahrscheinlich wird man aber bei fortgesetzten Untersuchungen wohl mehre Gemische auffinden, welche Bewegungen hervorbringen.

Sehen wir jetzt, ob es möglich sey, die Ursache dieser sonderbaren Erscheinung zu erforschen, und untersuchen wir dazu, welche Bewegungsursachen hier in Betracht kommen können.

1. *Die Strömung, welche entsteht, wenn ein Tropfen sich zwischen zwei Glasplättchen ausbreitet.*

Betrachtet man die Art, wie die Erscheinung sich bei zwei ineinander fliefsenden Tropfen zeigt, z. B. einen aus Wasser und einen aus Alkohol, Holzgeist oder Aceton, so dürfte man vielleicht dieser Strömung ein grofses Gewicht beilegen. Bei genauerer Untersuchung zeigt sich aber, dafs diese Strömung nur in sofern Einflufs ausübt, als dadurch anfangs kleine Molecule nach solchen Stellen der Flüssigkeit geführt werden, wo sich Luftblasen befinden. Dann spaltet sich der Strom in zwei Zweige, und es entstehen zu gleicher Zeit zwei Wirbelströme an den einander gegenüberliegenden Seiten der Luftblase, anfangs geschieden davon durch einen hellen Zwischenraum, der aber nach kurzer Zeit verschwindet. Die Molecule, welche die Kreisbewegung theilen, werden in der allgemeinen Strömung mit fortgerissen und jedesmal durch andere ersetzt, bis

endlich die Flüssigkeit zu fliefsen aufhört, und die Kreisbewegung allein fortdauert.

Bei Betrachtung dieses Vorgangs könnte man meinen, die erste Ursache der Bewegung sey darin zu suchen, dafs sich ein Körper, hier eine Luftblase, auf dem Wege der zuströmenden Flüssigkeit befinde, da bekanntlich Wirbelströme im Meere oder in Flüssen entstehen, wenn das fortbewegte Wasser auf hervorspringende Landspitzen stöfst. Allein schon die Thatsache, dafs die Bewegung noch stundenlang fortdauert, nachdem die Strömung der Flüssigkeit aufgehört hat, zeigt, dafs diefs nicht die Ursache der Kreisbewegung seyn kann. Zum Ueberflufs habe ich noch untersucht, was geschehe, wenn andere Körperchen, z. B. Amylumkörner, in den Weg der Strömung gebracht werden. Dadurch biegt sich wohl der Strom zur Seite oder spaltet sich in zwei Ströme, aber nie entsteht dabei die geringste Spur von Wirbelbewegung.

2. *Die Mischung und die dabei stattfindende Diffusion der beiden Flüssigkeiten.*

Wenn Alkohol mit Wasser gemischt wird, so erblickt man im Gemische Streifen, die noch ziemlich lange sichtbar bleiben, zum Beweise, dafs die Diffusion der beiden Flüssigkeiten einige Zeit erfordert, ehe eine ganz homogene Flüssigkeit entstanden ist. Werden zwei auf einer Glasplatte nicht zu weit voneinander entfernte Tropfen mit einem Deckplättchen bedeckt, in der Art, dafs sie sich in dem Zwischenraum capillar verbreiten, und einander dort irgendwo begegnen, so erfolgt die Diffusion natürlich nur äufserst langsam, und man sieht die Möglichkeit ein, dafs die Molecule bei dem gegenseitigen Verdrängen in Kreisbewegung gerathen. Diese Vermuthung hat auch noch einen Grund in dem Umstand, dafs bei der durch organische Membranen stattfindenden Osmose, welche in der Hauptsache nur eine modificirte Diffusion ist, wirklich Kreisströme entstehen, nur weit langsamere. Wenn überdiefs, wie Weber vermuthet, eine Analogie besteht zwischen den beschriebenen Wirbelbewegungen und der Rota-

tion des Zellensafts in den Pflanzen, so ist es wahrscheinlich, dafs dabei wirklich Diffusion im Spiele sey.

Die Untersuchung hat aber den Beweis geliefert, dafs ein solcher Einflufs der Diffusion keineswegs besteht. Ich habe die Diffusions-Erscheinungen bei einer grofsen Zahl von Flüssigkeiten, zum Theil gefärbten, unter dem Mikroskop studirt und dabei nie etwas gesehen, was die Annahme gerechtfertigt hätte, dafs, wenn die Molecule zweier Flüssigkeiten einander verdrängen, daraus eine Kreisbewegung hervorgehe. Auch genügt schon die einfache Thatsache, dafs diese Bewegung gleichfalls in schon vor mehren Tagen und Wochen gemachten Gemischen beobachtet wird, zum Beweise, dafs die Diffusion mit diesen Erscheinungen nichts zu schaffen hat.

3. *Die Bildung des Niederschlags und die darin vorgehenden Veränderungen.*

Die harzigen Niederschläge, die anfangs aus sehr kleinen Moleculen, aus Moleculen von 0,0005 bis 0,001 Millim. Durchmesser, bestehen, sind dergleichen Veränderungen unterworfen, wie ich diefs früher von vielen molecularen Niederschlägen beschrieben habe [1]). Die Molecule vereinigen sich nach und nach zu gröfseren Kügelchen, und eine solche Vereinigung kann nicht ohne Bewegung zu Stande kommen. Dafs aber diese in gar keinem ursächlichen Verbande mit der jedenfalls unendlich schnelleren Wirbelbewegung steht, wird dadurch bewiesen, dafs diese sich, wie schon oben gesagt, ganz in der nämlichen Art mit jeder anderen fein vertheilten Substanz zeigt.

4. Auch die bekannte *Molecularbewegung* kann hier nicht in Betracht gezogen werden. Beide Arten von Bewegung kommen freilich darin überein, dafs sie an den leichtesten Körpern sich gerade am stärksten zeigen; allein diefs kann wohl nicht anders erwartet werden. In jeder

1) *Etude microscopique des précipités et de leurs métamorphoses* im *Bullet. d. scienc. physiq. et naturell. de Neerlande* 1840. Spätere Untersuchungen sind mitgetheilt in der *Tydschrift voor Natuurlijke Geschiedenis en Physiologie*, 1843.

anderen Hinsicht besteht zwischen beiden Arten von Bewegung der gröfste Unterschied und niemals sah ich die Molecularbewegung in die Wirbelbewegung übergehen. Die erstere ist allen sehr kleinen und leichten Körpern eigen und zeigt sich in jeder Flüssigkeit, in der dieselben vorhanden sind. Sehr deutlich z. B. wird sie gesehen an den kleinen Schwefelmoleculen, welche sich bilden, wenn man eine Auflösung von unterschwefligsaurem Natron durch eine Säure fällt. Bringt man einen Tropfen davon auf die Objectplatte und mischt Luft hinein, so erkennt man wohl die sehr starke Molecularbewegung, aber nie wird man in diesem und allen dergleichen Fällen eine Spur von Wirbelbewegung wahrnehmen. Ueberdiefs ist es gar nicht selten, dafs durch die zuletzt genannte Art von Bewegung Körperchen mit fortgerissen werden, die viel zu schwer sind, als dafs sie Molecularbewegung zeigen könnten. Alles deutet auch an, wie schon oben gesagt, dafs die Körperchen selbst nichts zur Bewegung beitragen, dafs diese ursprünglich der Flüssigkeit zukommt, und die festen Theile darin sich ganz passiv verhalten.

5. Die bekannten Erscheinungen, welche sehr kleine Stückchen von Kampher und anderen flüchtigen Substanzen zeigen, wenn sie auf Wasser gelegt werden, — Erscheinungen, welche Dutrochet unter dem allgemeinen Namen der *epipolischen* zusammengefafst und von einer besonderen Kraft, der *force épipolique*, hergeleitet hat, — bieten einige nicht zu übersehende Analogien mit den hier betrachteten dar und wir müssen also einige Augenblicke bei ihnen verweilen.

Wenn man auf Wasser, das in einem Uhrglase enthalten ist, ein Stückchen Kampher gegen den Rand des Glases legt, so entstehen auf der Oberfläche der Flüssigkeit zwei Kreisströme, welche wahrnehmbar werden, wenn daselbst einige leichte Körperchen befindlich sind. Die beiden Kreisströme bewegen sich in entgegengesetzter Richtung und begegnen einander an einer gewissen Gränzlinie, welcher Dutrochet den Namen: *epipolische Axe* gegeben hat.

An den Luftblasen im Gemische von Alkohol und Wasser betrachtet man auch nicht selten, wie schon gesagt, zwei Kreisströme, welche, wenn sie sich bis zu einem gewissen Abstand von der Luftblase ausbreiten, auch durch eine dergleichen neutrale Linie ohne Bewegung getrennt sind, eine Linie, die man als übereinstimmend mit Dutrochet's epipolischer Axe betrachten könnte.

Wenn man ferner einen Wassertropfen, mit Farbetheilchen gemischt, unter das Mikroskop bringt, und daneben in einigem Abstand einen Tropfen Alkohol, Aether, Holzgeist oder Aceton, und man nähert nun diesen dem Wassertropfen mit einem Glasstabe oder einem anderen von diesen Flüssigkeiten benäfsbaren Körper, so ist die erste Erscheinung, die man gewahrt, eine schon längs von Dutrochet und Anderen beobachtete Abstofsung. Der Wassertropfen zieht sich zurück, und beobachtet man ihn in diesem Augenblick durch das Mikroskop, so sieht man alle Farbetheilchen in einer sehr lebhaften rundlaufenden Bewegung begriffen, nach dem Rande des Tropfens hin und wieder zurück.

Diese Erscheinungen besitzen also wirklich eine grofse Analogie mit den Wirbelbewegungen an den Luftblasen, und anfangs war ich auch geneigt, sie mit dieser in eine Kategorie zu stellen. Erwägt man die Sache aber genauer, so wird es weniger wahrscheinlich, dafs die Bewegung in diesen beiden Fällen durch die nämliche Ursache, welche sie auch seyn möge, hervorgerufen werde. Der Hauptcharakter der epipolischen Erscheinungen ist, wie schon der Name (von *επιπολη*, Oberfläche) andeutet, dafs sie an der Oberfläche der Flüssigkeiten stattfindet. Freilich ist im gegenwärtigen Fall die Gränze zwischen der Luft in der Luftblase und der Flüssigkeit als eine Oberfläche zu betrachten, aber die Bewegung geschieht keineswegs an der Oberfläche, sondern in der Tiefe der Flüssigkeit bis zu einem verhältnifsmäfsig grofsen Abstand von der Oberfläche der Flüssigkeit.

Aufserdem sind diejenigen Substanzen, welche die epi-

polischen Erscheinungen am kräftigsten hervorrufen, keineswegs auch die, welche die Wirbelbewegung veranlassen. Aether thut es, wie gesagt gar nicht; Kampher mit Zucker zu feinem Pulver zerrieben und solchergestalt in Wasser mit Luftblasen gebracht, thut es ebenso wenig.

Ich glaube demnach, dafs die Uebereinstimmung der beiden Arten von Bewegung mehr scheinbar als wirklich ist, und dafs auch die Ursachen beider verschieden sind.

6. Endlich müssen wir untersuchen, ob die *Verdunstung* als Ursache der Wirbelbewegung betrachtet werden könne.

Die Verdunstung flüchtiger Substanzen veranlafst immer Kreisströme. Bringt man Aether, Alkohol, Aceton oder Holzgeist in eine 3 bis 4 Millim. weite, unten verschlossene Glasröhre, und setzt einiges fein zerriebenes Carminpulver hinzu, so wird man darin bei Betrachtung der Röhre durch ein horizontal gestelltes Mikroskop, bei geringer Vergröfserung, sehr deutlich eine auf- und abgehende Strömung wahrnehmen, die sich auf mehre Centimeter von der Oberfläche ab fortsetzt. Ganz wie bei den Wirbelbewegungen geht die Bewegung am schnellsten, wenn die Theilchen sich der Oberfläche nähern, und in gröfserer Tiefe wird sie immer träger.

Wenn man ferner einen mit der Deckplatte bedeckten Tropfen eines Gemisches von Wasser und einer der oben genannten Flüssigkeiten mit darin schwebenden Farbetheilchen durch das Mikroskop betrachtet, so wird man in der Nähe der Ränder des Deckglases zahlreiche Wirbelströme erblicken, die, wie es scheint, ganz ähnlich denen sind, welche man an den Luftblasen in denselben Tropfen wahrnimmt. Un da an diesen Stellen ohne Zweifel Verdunstung stattfindet, so scheint es, als ob man daraus schliefsen dürfe, dafs die allgemeine Ursache aller dieser Wirbelströme keine andere als die Verdunstung sey, was noch durch den Umstand bestätigt wird, dafs sich sehr oft an der Innenseite der Luftblasen wirklich kleine Tröpfchen zeigen, die wahrscheinlich nichts anders sind als verdunsteter und wieder condensirter Alkohol.

Und dennoch, wie grofs auch die Wahrscheinlichkeit dieser Erklärung seyn mag, so kann sie doch unmöglich ganz richtig seyn. Dafs nämlich die Verdunstung allein, ohne Mithülfe anderer Umstände, diese Wirbelbewegungen nicht hervorrufen kann, folgt schon aus der einfachen Thatsache, dafs sie sich weder mit wasserfreiem Alkohol, noch mit einer anderen ganz wasserlosen flüchtigen Flüssigkeit zeigen, sondern immer absolut die Gegenwart von Wasser erfordern.

Die Untersuchung hat aber überdiefs gelehrt, dafs die Erscheinungen, welche die Verdunstung begleiten, sehr modificirt werden, sobald Wasser zugegen ist. Auch darüber hat W e b e r die ersten Beobachtungen mitgetheilt. Er sah, als eine wasserhaltige alkoholische Lösung von Gummigutt oder Kolophonium, ohne Bedeckung, unter das Mikroskop gebracht wurde, die Verdunstung einige sehr eigenthümliche Erscheinungen hervorrief. Als die Harztheilchen anfingen sich niederzuschlagen und der Tropfen milchig wurde, entstanden darin allerlei polyëdrische Figuren, die immerfort ihre Stelle wechselten. In der Mitte der Flüssigkeit zeigten sie sich als helle, zu einem Netz verbundene Streifen. Aufserdem entstanden an einigen Punkten plötzlich mehr oder weniger trichterförmige Vertiefungen, in welche die in der Nähe befindlichen Molecule sich mit Gewalt hineinstürzten, um hernach, in einigem Abstand davon, wieder an der Oberfläche zu erscheinen. Ganz ähnliche Strudel zeigten sich auch gegen den Rand des Tropfens, hier aber mehr in horizontaler Richtung. Diese Erscheinungen, welche immerfort wechselten, so dafs die Oberfläche des Tropfens keinen Augenblick unverändert blieb, dauerten so lange bis der anwesende Alkohol ganz oder fast ganz verdunstet war; dann hörten sie plötzlich auf.

Ich habe gefunden, dafs die Lösungen anderer Harze diese Erscheinungen ganz in derselben Art zeigen. Allein die einfachste Beobachtungsweise, welche zugleich den Beweis liefert, dafs auch hier die Natur der festen Körper

von gar keinem Einflufs ist, besteht darin, dafs man entweder einem Farbetheilchen enthaltenden Wassertropfen Alkohol zufügt oder wasserhaltigen Alkohol mit Carminpulver versetzt, bis die Flüssigkeit eine dunkelrothe Farbe angenommen hat. Ist zu viel Alkohol vorhanden, so fängt die Erscheinung erst an, wenn ein Theil des Alkohols verdunstet ist. Mit wasserfreiem Alkohol zeigt sich nichts von diesen tumultuarischen Bewegungen. Die kleinen Körperchen sind freilich auch hier in Bewegung so lange die Verdunstung anhält, aber die Oberfläche des Tropfens plattet sich nur allmählich ab, ohne dafs irgendwo Streifen oder Vertiefungen zum Vorschein kommen.

Fragt man nun, was wohl in den Tropfen vorgehe, wodurch wohl die Erscheinungen entstehen mögen, so scheint mir die Erklärung folgende zu seyn.

An der Oberfläche des Tropfens findet Verdunstung statt, anfangs nur in Begleitung der oben erwähnten regelmäfsig auf- und abgehenden Strömung. Der an der Oberfläche verdunstete Alkohol wird ersetzt durch die tiefer gelegenen Theile, welche die Strömung nach oben bringt. Allein, wenn die Menge des Alkohols im Verhältnifs zu derjenigen des Wassers bis zu einem gewissen Punkte abgenommen hat, wird die Sache anders. In Folge der Verdunstung besteht die oberflächliche Schicht für einen Augenblick nur aus Wasser; die tieferen Alkohol haltenden Theile, welche zugleich die specifisch leichteren sind, suchen das Gleichgewicht wieder herzustellen, aber dazu müssen sie durch die oberflächliche Wasserschicht hindurch und den Widerstand überwinden, welchen ihnen die Cohäsion der Wassertheilchen darbietet. Die Molecule der tieferen alkoholhaltigen Flüssigkeit verlieren dabei aber ihren Zusammenhang nicht ganz, sondern bilden netzartig verbundene Streifen, die, an der Oberfläche angelangt, augenblicklich zu verdunsten anfangen. Durch diese stellenweise Verdunstung entstehen nun auch stellenweise Vertiefungen, in welche dann die benachbarten Theile der Flüssigkeit hineinstürzen und dabei die in ihnen befindlichen Körper-

chen mitreifsen; letztere werden nachher vom aufsteigenden Strom wieder in die Höhe geführt und bewegen sich also in mehr oder weniger verticalen Kreisen, welche, aus leicht begreiflichen Gründen, in der Nähe des Randes eine mehr horizontale Richtung zeigen.

Wenn diese Erklärung richtig ist, darf man vielleicht einen Schritt weitergehen, und versuchen, die Frage nach der Ursache der räthselhaften Wirbelbewegung an Luftblasen zu beantworten.

Auch bei diesen hat man eine wasserhaltige Flüssigkeit begränzt von Luft. Dafs also eine Bewegung entsteht, kann nicht in Verwunderung setzen, und dafs diese Bewegung nur in horizontaler Richtung stattfindet, versteht sich von selbst, da der Tropfen durch das daraufgelegte Deckglas flach ausgebreitet ist. Der Hauptunterschied und zugleich die Hauptschwierigkeit liegt eigentlich darin, dafs an einem frei verdunsteten Tropfen die Luft einen unbegränzten Raum einnimmt, wogegen bei Luftblasen ihre Menge so gering ist, dafs man meinen sollte, sie müfste in wenigen Augenblicken mit Alkoholdampf gesättigt seyn, und damit dann auch die Verdunstung und die Bewegung aufhören. Allein die Erscheinung dauert stundenlang fort, und dafs diefs keineswegs als eine Art von innerer Reaction der Verdunstung an den offenen Rändern betrachtet werden kann, geht aus der bereits erwähnten Abschliefsung mit Oel hervor.

Es mufs also noch ein anderer Umstand im Spiele seyn, der die Fortdauer der Bewegung erklärt. Es scheint mir der folgende zu seyn, der zugleich schliefsen läfst, dafs die vollkommene Sättigung der Luft mit Alkoholdampf nicht so schnell vor sich geht, als man wohl meinen möchte.

Wie bereits erwähnt, setzen sich oft an der Innenseite der Luftblasen kleine Tröpfchen ab, die muthmafslich aus fast wasserfreiem Alkohol bestehen. Diese Tröpfchen mischen sich nicht auf der Stelle wieder mit der die Luftblasen begränzenden wäfsrigen Feuchtigkeit, sondern sie vereinigen sich zu gröfseren, die an der Innenseite der

Luftblasen herabfliefsen. An der Unterseite angelangt, mischt sich der Alkohol nach und nach wieder mit der übrigen Flüssigkeit, und unterdefs geht die Verdunstung, die ihr folgende Condensation zu kleinen Wassertropfen und das Herabfliefsen dieser ungestört fort; zu gleicher Zeit dauert auch die Bewegung in den angränzenden Flüssigkeitstheilchen fort, wobei man nicht vergessen darf, dafs die Bewegung, einmal angefangen, nur eine äufserst geringe Kraft zu ihrer Unterhaltung erfordert, da es eigentlich blofs Flüssigkeitstheilchen sind, die sich innerhalb einer Flüssigkeit bewegen, und die festen Theilchen, welche von ihnen mit fortgerissen werden, sehr klein sind und fast dasselbe specifische Gewicht wie die Flüssigkeit haben.

Auf diese Weise geht also im Innern der Luftblasen eine Art von Destillation vor sich, die so lange anhält als die Luft noch nicht ganz mit Alkoholdampf gesättigt ist. Dafs eine solche Sättigung im absoluten Sinn des Worts nicht schnell eintritt, davon kann man sich noch durch ein anderes Beispiel überzeugen. Wenn man eine zum Theil mit Wasser gefüllte, verschlossene Flasche an die Sonne stellt, so sieht man fortdauernd Wassertropfen an der Innenseite sich ablagern und herabfliefsen und durch neue ersetzt werden. Hier kann man sich freilich berufen auf den Temperaturunterschied, durch welchen die Sättigungscapacität der Luft verändert wird, so wie auf die höhere Temperatur der Luft in der Flasche, verglichen mit der der äufseren Luft. Allein dergleichen Temperaturunterschiede können auch bei den hier beschriebenen Erscheinungen nicht ganz ohne Einflufs seyn, wenngleich sie so gering sind, dafs keine thermometrische Methode sie zu messen vermag, und die Temperatur der Atmosphäre des Zimmers, wo das Mikroskop aufgestellt ist, scheinbar unverändert bleibt.

Dieselbe Erscheinung, welche an Luftblasen im Kleinen auftritt, kann man auf folgende Weise in gröfserem Maafsstabe nachahmen.

In ein unten geschlossenes Glasröhrchen von vier Milli-

meter Weite wurde eine kleine Menge feines Carminpulver geschüttet und dann ein Gemisch von 0,929 spec. Gew. aus Alkohol und Wasser darauf gegossen. Hierauf wurde das Röhrchen vor der Glasbläserlampe ausgezogen und hermetisch verschlossen; in der Art, dafs noch ein mit Luft erfüllter Raum von etwa zwei Centimeter Länge über der Flüssigkeit blieb. Dann wurde das Röhrchen geschüttelt, damit die Farbentheilchen sich in der Flüssigkeit vertheilten, und nun vor ein horizontal gestelltes Mikroskop gebracht, und mit einer Klemme befestigt.

Deutlich zeigten sich jetzt mehre auf- und niedergehende Ströme, die sich sogar, vermöge der Adhäsion der Flüssigkeit zum Glase, bis zu einem halben Millimeter an der Innenwand über die Oberfläche der Flüssigkeit erhoben. Nach etwa einer Stunde hatten diese Strömungen aufgehört sichtbar zu seyn, wahrscheinlich blofs weil die Carmintheilchen nach und nach, der Schwerkraft gehorchend, zu Boden gesunken waren. Wurden sie aber durch Schütteln wieder in der Flüssigkeit vertheilt, so erkannte man abermals dieselben Ströme wie zuvor, und dasselbe fand auch noch vierzehn Tage nach der Anfertigung des Röhrchens statt. Es war also, selbst nach einem so langen Zeitraum, noch kein vollkommenes Gleichgewicht vorhanden, und man möchte es sogar bezweifeln, ob je ein bleibendes Gleichgewicht eintreten werde, gerade weil die Temperatur und damit die Sättigungscapacität der Luft für Alkoholdampf in diesem kleinen Apparat fortwährend Veränderungen unterworfen sind, welche aber hier einen gröfseren Einflufs haben als in den viele tausend Mal kleineren Luftblasen.

Ich glaube also, dafs die Entstehung und die lange Fortdauer der Wirbelbewegungen an Luftblasen in dem oben Gesagten ihre Erklärung finden; obgleich es schwer halten mag, von allen Formen, unter denen die Erscheinung auftritt, jedesmal genaue Rechenschaft zu geben. Dazu müfste man die moleculare Zusammensetzung der Flüssigkeiten genau kennen; aber wir wissen noch zu wenig von ihr, um sie bei der Erklärung zu Hülfe ziehen zu können.

Vielleicht aber werden gerade diese und ähnliche Erscheinungen, genauer untersucht, einiges Licht auf die moleculare Zusammensetzung der Flüssigkeiten, wenigstens der gemischten, werfen können.

Eine der merkwürdigsten Eigenthümlichkeiten, welche die Erscheinung manchmal begleiten, stimmt ganz überein mit der obigen Erklärung und bestätigt sie sogar einigermaſsen. Ich meine den Rhythmus der Erscheinung, die anfangs ruckweise Bewegung, die erst später in eine stetige ohne Intermittenzen übergeht. Ist es nämlich zur Entstehung der Bewegung nothwendig, daſs die Cohäsion der die Luftblase begränzenden Flüssigkeitsmolecule zerrissen werde durch den in der umringenden Flüssigkeit enthaltenen Alkohol, der in Dampf überzugehen strebt und also eine gewisse Spannung besitzt; so kann man sich leicht vorstellen, daſs diese Zerreiſsungen der Cohäsion anfangs wie mit kleinen successiven Explosionen geschehen, und die Bewegung erst dann stetig werden wird, wann die die Wände der Luftblase bildenden Flüssigkeitsmolecule keine Zeit mehr haben sich zu vereinigen und mithin die durch das Eindringen des Alkoholdampfs einmal entstandene Oeffnung wieder auszufüllen.

Schlieſslich bemerke ich noch, daſs hiemit die gehoffte Möglichkeit einer Anwendung dieser Erklärung auf die der Rotation des Zellensaftes ganz wegfällt, da beide Arten von Erscheinungen sowohl durch die Umstände ihres Auftretens als durch ihre muthmaſslichen Ursachen ganz und gar verschieden sind.

VI. *Notiz über die Schlagweite des Ruhmkorff'schen Apparats; von P. L. Rijke.*

Die Physiker, welche den Ruhmkorff'schen Apparat zu vervollkommnen gesucht haben, scheinen mir nicht alle

hinlänglich im Klaren zu seyn über den Einflufs, welchen die Wirkungsweise des Strom-Unterbrechers auf die elektromotorische Kraft des Inductionsdrahts ausübt. Es scheint mir, dafs man im Allgemeinen nicht genugsam beachtet habe, wie wichtig bei der Unterbrechung des Stroms das Mehr oder Weniger der Geschwindigkeit ist, mit welcher man die zum Oeffnen und Schliefsen dienenden Leiter voneinander trennt. Die Sache ist indefs einer näheren Untersuchung werth. In der That, da man im Allgemeinen annimmt, dafs die Schlagweite des Apparats proportional sey der elektromotorischen Kraft des inducirten Drahts, als Ganzes betrachtet, und diese elektromotorische Kraft gleich sey der Summe der elektromotorischen Kräfte aller Windungen, so ist klar, dafs man eine Verlängerung der Schlagweite erhalten wird jedesmal, wenn es auf die eine oder andere Weise gelingt, die elektromotorische Kraft in einer Windung zu verstärken, und um so mehr, wenn man sie in allen verstärken kann.

Obgleich ich nicht glaube, dafs man annehmen kann, beim Ruhmkorff'schen Apparat sey die elektromotorische Kraft der Windungen des inducirten Drahts, wenigstens wenn es sich um den Inductionsstrom durch Unterbrechung des inducirenden Stromes handelt, in jedem Moment proportional dem Differentialcoëfficient der Intensität des inducirenden Stroms in Bezug auf die Zeit, so scheint mir doch, man könne nicht läugnen, dafs diese elektromotorische Kraft gröfser seyn werde, wenn der Werth von

$$\frac{dI}{dt}$$

(wo I die Intensität des inducirenden Stroms) beträchtlicher ist.

Diefs angenommen, ist klar, dafs die elektromotorische Kraft des Inductionsstroms wachsen mufs in dem Maafse als die Unterbrechung des inducirenden Stroms rascher geschieht, d. h. als man die Dauer des Funkens an der Unterbrechungsstelle verkürzt.

Ich behaupte nicht, dafs die Spannung im Inductions-

draht zunehme nach Maafsgabe als der Unterbrecher rascher functionirt. Hr. Grove hat sehr gut erklärt [1]), weshalb die Dauer des inducirenden Stroms nicht zu kurz seyn dürfe; allein ich glaube, man hat nicht genug beachtet, dafs, sobald der inducirende Strom die nöthige Dauer gehabt hat, es wichtig ist, dafs sich der Hammer des Unterbrechers so rasch wie möglich vom Ambofs trenne.

Wie bekannt, geschieht die Unterbrechung beim Ruhmkorff'schen Apparat durch das Verfahren des Hrn. Wagner. Es geschieht mittelst der Anziehung, welche das eine Ende des in der Drahtrolle befindlichen Eisenkerns im Moment der Magnetisirung auf ein Eisenstück ausübt, das an einem, mit einer Art Hammer versehenen kleinen Hebel befestigt ist. Nun hat es mir immer geschienen, dafs die verschiedenen Theile dieses Unterbrechers nicht so eingerichtet seyen, um eine rasche Unterbrechung zu bewirken. Es schien mir, dafs sie unter besseren Umständen geschehen würde, 1) wenn man statt eines Poles deren zwei wirken liefse auf das Eisenstück, dessen Hin- und Hergänge als Unterbrecher wirken müssen; 2) wenn man dieser Eisenmasse eine zweckmäfsigere Gestalt gäbe; und 3) wenn man in der Bewegung des Hebels die Reibung möglichst verminderte.

Um die Richtigkeit dieser Betrachtungsweise zu prüfen, habe ich folgenden Apparat construiren lassen. Da er als Probe diente, so habe ich dazu verschiedene Stücke benutzt, die sich bereits im physikalischen Cabinet der Universität vorfanden. Auch bin ich weit entfernt, zu behaupten, dafs der Apparat als Muster diene und nicht mit Erfolg abgeändert werden könne. Da ich die Absicht hatte, dieses Instrument im Vacuo und in verschiedenen Gasen zu gebrauchen, so liefs ich alle Theile aus Kupfer oder Messing verfertigen, mit Ausnahme derer, die von Eisen seyn müssen.

AB (Fig. 6, Taf. I) ist ein hufeisenförmiger Elektromagnet von 15 Millim. Durchmesser und etwa 200 Millim. Länge. Die beiden Pole sind 60 Millim. auseinander. Jeder

1) *Phil. Magaz. Ser. IV. Vol. IX. p.* 2.

Schenkel ist umgeben von einer Drahtrolle *CD*, bestehend aus 30 Windungen eines Kupferdrahts von $1^{mm},6$ Durchmesser. Das eine Ende *g* dieses Drahts ist frei, das andere *b* gelöthet an einen Eisendraht, der in einen Glasbecher voll Quecksilber taucht. Der Elektromagnet sitzt durch vier Halsbänder an einer Platte *EF*, die man längs dem herabgebogenen Theil des Tisches *OP* nach Belieben herauf- oder hinunterschieben und daran mittelst der Schraube *G* befestigen kann. *H* ist ein kleiner Eisenstab, 80 Millim. lang und winkelrecht befestigt an einem Hebel *HK*, versehen mit zwei *äufserst dünnen* Zapfen, die in die Axen zweier, in den Ständern *MN* steckender Schrauben *I* eingelassen sind. Diese Ständer stehen nicht im metallischen Verbande mit dem Tisch, sondern sind von diesem isolirt durch eine auf ihm festgekittete Glasplatte *ab*; überdiefs sind sie verschiebbar auf der Glasplatte, so dafs sie dem Elektromagnet genähert oder von ihm entfernt werden können.

Das andere Ende des Hebels ist versehen mit einer Hülse *QR* in Gestalt eines Bleistiftrohrs. Unterhalb dieser Hülse ist eine andere *ST*, befestigt an einem Stab *TU*, den man mittelst der Schraube *W* beliebig heben oder senken kann. Dieser Stab wird durch die Schraube *W'* gegen den Tisch gedrückt und kann, da er an seinem Ende mit einem Schlitz versehen ist, dem Elektromagnet näher oder ferner gestellt werden.

Die Unterbrechung des Stroms geschieht bei *Z* zwischen den Enden der Metallstifte, die in die Hülsen *QR* und *ST* eingeschoben sind. *X* ist ein auf dem Hebel am Ende befestigter Becher, in welchen man Körper legt, die durch ihr Gewicht einen Druck in *Z* ausüben müssen. Ist der Becher leer, so liegt der Schwerpunkt des Hebels auf der Axe.

Endlich ist am Hebel noch ein Kupferdraht *cd* befestigt, auslaufend in einen Eisendraht, der in das Quecksilber des darunter stehenden Bechers taucht.

Die Art, wie der Apparat functionirt, wenn man einen Strom in *g* eintreten und durch *e* austreten läfst, bedarf

keiner Erklärung. Ich mufs jedoch bemerken, dafs es, um jeden Contact des Elektromagnets mit dem Eisenstück *H* zu vermeiden, gut ist, den ersteren auf seinen beiden Enden mit kleinen sehr dünnen Glasplatten zu belegen.

Um die Wirkung des eben beschriebenen Unterbrechers mit dem des Ruhmkorff'schen Apparats zu vergleichen, habe ich folgende Einrichtung getroffen.

Der inducirende Strom ging, von dem Volta'schen Apparate aus, zunächst durch einen Rheostat, dann durch eine Tangentenbussole und darauf in einen Commutator, mittelst dessen man ihn nach Belieben entweder in den neuen Unterbrecher oder in den des Ruhmkorff'schen Apparats leiten konnte, welche letztere beide mit den inducirenden Draht des Apparats verbunden waren. Die beiden Enden des inducirten Drahts standen in Verbindung mit einem Funkenmikrometer.

Mittelst des Rheostats konnte man den Strom immer auf gleicher Intensität halten, welcher der beiden Unterbrecher auch in seiner Bahn seyn mochte. Klar ist, dafs man, um die Intensität eines Stroms zu messen, der durch einen Unterbrecher geht, das Spiel dieses letzteren mufs nothwendig hemmen können. Diefs kann geschehen, entweder indem man die Gewichte im Becher *X* vermehrt, oder indem man den Elektromagnet senkt, oder indem man den Stab *TU* mittelst der Schraube *W* hinunterläfst. Diefs letztere Mittel ist es, dessen ich mich fast ausschliefslich bedient habe. Es ist das einzige, welches man bei dem Unterbrecher des Ruhmkorff'schen Apparats anwenden kann.

Folgendes sind die Resultate, zu denen ich gelangte, als ich die beiden Unterbrecher so stellte, dafs in dem Funkenmikrometer möglichst grofse Funken entstanden. Die unter gleicher Ordnungszahl aufgeführten Schlagweiten sind bei einem inducirenden Strom von gleicher Intensität beobachtet. Sie sind ausgedrückt in Mikrometer-Einheiten, deren jede gleich $0^{mm},315$ ist.

Ordnungszahl.	Schlagweite mit dem Ruhmkorff'schen Unterbrecher.	Schlagweite mit dem neuen Unterbrecher.	Verhältnifs.
1	8,65	11,75	1,36
	8,75	12,50	1,43
	7,65	12,35	1,61
2	7,2	12,5	1,74
	8,3	12,2	1,47
	7,0	12,5	1,79
3	7,4	13,6	1,84
	8,5	11,1	1,31
	7,5	14,0	1,87
	7,0	11,2	1,60
	7,0	11,2	1,60
4	6,4	12,0	1,87
	7,7	12,0	1,56
	7	11,0	1,57
	7	10,9	1,55
5	7,1	14,1	1,99
6	7	11,2	1,60
	7	11,2	1,60
7	5,9	11,5	1,95
	5,6	11,5	2,05
8	6,6	11,5	1,74
	4,5	10,5	2,32
	6,3	10,2	1,62
	6,2	11,5	1,85
9	6,1	11,5	1,89
	6,6	11	1,67
		Mittel	1,71.

Das Verhältnifs zwischen den beiden Schlagweiten ist, gestehe ich, nicht sehr constant, aber diefs wird Denen, die sich mit dieser Art von Versuchen beschäftigt haben, nicht Wunder nehmen; denn sie wissen, dafs man dabei immer auf beträchtliche Abweichungen gefafst seyn mufs. Trotz dieser Unregelmäfsigkeiten glaube ich doch, dafs die erhaltenen Resultate den Beweis ablegen, dafs der neue Unterbrecher unstreitig dem alten überlegen ist.

Eine Zeitlang glaubte ich, dafs man beim Inductionsapparat die Spannung an den Enden des inducirten Drahts werde unbegränzt erhöhen können, ohne die Intensität des primären Stroms zu verstärken. Um dieses Ziel zu erreichen, müfste man, nach mir, blofs ein Mittel auffinden, den

Contact zwischen dem Hammer und dem Ambofs eine hinlängliche Zeit zu verlängern, und sie dann mit einer beliebig erhöhbaren Geschwindigkeit zu trennen.

Einige mit geringem Erfolg angestellte Proben haben mich aber von dieser Idee zurückgebracht. Man kann übrigens durch ein sehr einfaches Räsonnement beweisen, dafs sich durch Vergröfserung der Unterbrechungs-Geschwindigkeit *über eine gewisse Gränze hinaus* die Spannung im inducirten Draht nicht viel erhöhen läfst. In der That kann der secundäre Strom als die Summe zweier Ströme betrachtet werden, von denen der eine durch Verringerung der Intensität des in dem inducirenden Draht herumkreisenden Stroms, und der andere durch Entmagnetisirung des Eisenkerns erzeugt wird.

Nun weifs Jedermann, dafs bei dem Ruhmkorff'schen Apparat dieser letztere den ersteren bedeutend überwiegt, und ebenso, dafs das Eisen, wie weich es auch sey, den Magnetismus, den es erlangt hat, nicht plötzlich verliert. Gesetzt nun, die Unterbrechungs-Geschwindigkeit sey so geregelt, dafs die Intensität des inducirenden Stroms ebenso schnell sinke als die Magnetkraft des Eisenkerns und dafs man darauf die Intensität des inducirenden Stroms rascher variiren lasse als die Magnetkraft des Eisens variiren kann, so ist klar, dafs man dadurch im Inductionsdraht die Spannung, welche von dem im primären Draht circulirenden Strom herrührt, verstärken kann, nicht aber die, welche aus der Entmagnetisirung des Eisens entspringt. Allein, wie schon bemerkt, die letztere ist es, welche bei den uns beschäftigenden Erscheinungen die Hauptrolle spielt.

Der Funke, welcher an der Unterbrechungsstelle des inducirenden Stroms überspringt, dauert so lange als die positive und die negative Elektricität, welche an den Enden der getrennt werdenden Körper angehäuft sind, eine hinreichende Spannung besitzen, um sich durch die sie trennende Luftschicht hin zu vereinigen. Ich glaube, dafs die von mir getroffenen Einrichtungen erlauben, den Abstand, bei dem die beiden Elektricitäten sich nicht mehr vereinigen

können, eher zu erreichen, und dafs ich dadurch einen Funken von kürzerer Dauer erhalte, als man mit dem Unterbrecher des Hrn. Ruhmkorff bekommt. Wenn man indefs den Inductionsapparat dergestalt abändert, dafs die Spannung an den Unterbrechungspunkten abnimmt, so ist klar, dafs der neue Unterbrecher seine Ueberlegenheit verlieren mufs. Und das geschieht wirklich. Denn als ich die Unterbrechungspunkte mit einem nach Angabe des Hrn. Fizeau construirten Condensator verband, fand ich, dafs zwar die Funken des Inductionsstroms bei Anwendung meines Unterbrechers vielleicht noch etwas länger waren als bei Anwendung des Ruhmkorff'schen, dafs aber die Unterschiede bei weitem nicht mehr so beträchtlich ausfielen. Folgendes waren die von mir erhaltenen Resultate.

Schlagweiten		
mit Condensator.		ohne Condensator.
Ruhmkorff'scher Unterbrecher.	Neuer Unterbrecher	Neuer Unterbrecher.
	14,1	11,1
12,6		
	14	11,6
14,5		
	14,7	11,1
13,9		
	14	11,1
Mittel 13,6.	14,2.	11,2.

Der Dr. Sinsteden hat zuerst bemerkt [1]), dafs es für die Erlangung eines Spannungsmaximum nicht gleichgültig ist, von welchem Metall der Hammer und der Ambofs seyen. Er sagt, beobachtet zu haben, dafs wenn man das Platin durch Silber ersetzt, man »kaum eine Spur von Spannungs-Elektricität« erhalte.

Da die, übrigens sehr sinnreiche, Erklärung, welche Hr. Sinsteden von dieser sonderbaren Erscheinung gegeben hat, einige Zweifel bei mir hinterliefs, so machte ich

1) Pogg. Ann. Bd. 85, S. 481.

einige Versuche, um zu ermitteln, welchen Einflufs die Natur der Metalle, zwischen welchen der Funke des primären Stroms entsteht, auf die elektromotorische Kraft der Windungen des secundären Drahtes ausübe. Zu dem Ende mafs ich die Länge der Funken, die ich an den Enden des Inductionsdrahts erhielt, als ich verschiedene Metalle in die Hülsen *QR* und *ST* meines Unterbrechers eingesteckt hatte. Folgendes sind die erhaltenen Längen. Die Ziffern neben gleicher Ordnungszahl beziehen sich auf einen und denselben Strom.

Ordnungszahl.	Platin.	Silber.	Palladium.	Gold.	Kupfer.	Coaks.
1	14,2	9,5	9,0	2,1		0,5
2	11,2	8,8	7,2	2,5		
3	13,6				4,7	0,6

Man sieht, dafs die mit Silber erhaltenen Resultate bedeutend von denen des Hrn. Sinsteden abweichen. Defsungeachtet glaube ich, dafs dadurch die Genauigkeit der Beobachtung des Hrn. Sinsteden in nichts geschwächt wird. Ich habe nämlich gefunden, dafs, um ein Spannungsmaximum zu erhalten, der Becher X hinreichend belastet seyn mufs, mit etwa 10 Gramm. Es würde mich nicht wundern, wenn es ein Mangel an Druck des Hammers auf den Ambofs wäre, dem das von dem sinnreichen deutschen Physiker erhaltene negative Resultat zugeschrieben werden müfste.

Mit oxydableren Metallen als Kupfer habe ich keine Versuche machen können, weil die Oxydschicht, welche sich auf dem Hammer und Ambofs an den Unterbrechungspunkten bildet, bald die Intensität des inducirenden Stroms in sehr starkem Maafse schwächt. Auch erfordern alle diese Versuche eine Wiederholung im Vacuo und in Gasen, die auf das als Hammer und Ambofs angewandte Metall ohne chemische Einwirkung sind.

Sehr merkwürdig ist, dafs die Schlagweite des Inductionsdrahts nicht mehr in so starkem Maafse von der Natur des

angewandten Metalls abhängt, wenn Hammer und Amboſs mit den Belegen eines Condensators in Verbindung stehen. Unter diesen Umständen habe ich für die Länge des Funkens erhalten mit:

Platin	14	Gold	13
Silber	13,9	Kupfer	12,5
Palladium	13,7	Coaks	0,9.

Leyden, 20. Oct. 1855.

VII. *Ueber das Verhalten des Schwefelquecksilbers zu den Schwefelverbindungen der alkalischen Metalle; von Dr. R. Weber.*

Es ist eine bekannte Erscheinung, daſs wenn aus einer Quecksilberoxyd- oder Oxydullösung vermittelst Schwefelammonium Schwefelquecksilber gefällt und hierbei ein Ueberschuſs des Fällungsmittels angewandt worden ist, das Schwefelquecksilber sich vollständig auflöst, wenn eine Lösung von Kali- oder Natronhydrat hinzugesetzt wird. Man hat diese Erscheinung auf die Weise zu erklären gesucht, daſs man annahm, daſs beim Zusetzen von Kalihydrat zu dem durch Schwefelammonium erzeugten Niederschlag von Schwefelquecksilber das überschüssige Schwefelammonium dabei zersetzt werde, daſs Schwefelkalium sich bilde, und daſs in diesem das Schwefelquecksilber löslich sey und als Sulfid wirke.

Diese Ansicht ist zwar ganz richtig, aber bei der Bildung dieses löslichen Schwefelsalzes sind noch besondere Umstände von so wesentlichem Einfluſs, daſs die einfache Erklärung, das Schwefelquecksilber sey in Schwefelammonium unlöslich, aber auflöslich in den Schwefelverbindungen der fixen Alkalien, doch einige Modificationen erleidet. Denn wenn man reines Schwefelquecksilber, sey es nun

Zinnober oder das durch Schwefelwasserstoff oder Schwefelammonium gefällte mit der Lösung von Schwefelkalium oder Schwefelnatrium lange Zeit digerirt, oder beide im trocknen Zustande mit einander schmelzt, darauf mit Wasser behandelt und den dabei ungelöst gebliebenen Rückstand abfiltrirt, so wird man finden, dafs die klare Lösung keine Spur von Quecksilber aufgelöst enthält. Die Flüssigkeit mit einer Säure übersättigt giebt als Niederschlag nur reinen Schwefel.

Hat man ferner Schwefelquecksilber durch Schwefelammonium gefällt, den Niederschlag in Kalihydrat gelöst und setzt darauf aufs Neue Schwefelammonium hinzu, so wird wieder Schwefelquecksilber gefällt, das sich je nach der mehr oder minder grofsen Menge des vorher zugesetzten Kali's beim Umschütteln wieder auflöst. Bringt man aber einen grofsen Ueberschufs von Schwefelammonium hinzu, so kann man dadurch alles gelöste Schwefelquecksilber wieder ausfällen.

Um die Umstände kennen zu lernen, unter welchen das lösliche Schwefelsalz des Quecksilbers sich bilde, und die Einwirkung des Kalihydrats auf das durch Schwefelammonium gefällte Schwefelquecksilber zu ermitteln, stellte ich dasselbe in gröfseren Mengen aus einer Quecksilberchloridlösung dar, und nachdem alles Quecksilber durch Schwefelammonium ausgefällt und ein grofser Ueberschufs desselben angewandt worden war, setzte ich so viel einer Kalihydratlösung hinzu, bis der Niederschlag sich vollständig aufgelöst und eine vollkommen klare Lösung entstanden war. Dieselbe wurde in einer Porcellanschale eingedampft, wobei eine sehr starke Entwickelung von Ammoniak stattfand. An den Wänden der Porcellanschale setzte ein citrongelbes krystallinisches Salz sich ab, das aber mit der Flüssigkeit wieder in Berührung gebracht, mit Leichtigkeit in derselben sich auflöste. Bei einem bestimmten Concentrationsgrade bildete sich eine Krystallhaut. Nach dem Erkalten der Flüssigkeit hatte ein weifses in Würfeln krystallisirtes Salz sich abgeschieden. Nachdem die Mutterlauge

davon abgegossen und das Salz mit einigen Tropfen Wasser abgewaschen worden war, ergab sich bei der Untersuchung, dafs diese Krystalle aus reinem Chlorkalium bestanden.

Die Mutterlauge wurde darauf noch weiter eingedampft, und als sie nur noch ein geringes Volum einnahm, zeigte sich aufs Neue eine Krystallhaut. Nach dem Erkalten war das Ganze zu einer steifen nadelförmig krystallinischen Masse erstarrt. Ein Theil derselben mit kaltem Wasser in Berührung gebracht, löste sich in der kleinsten Menge desselben auf, die Lösung reagirte sehr stark alkalisch, liefs sich noch mit mehr Wasser verdünnen, und nur erst durch eine gröfsere Menge desselben fand eine Zersetzung und Abscheidung von schwarzem Schwefelquecksilber statt. Mit der Haut des menschlichen Körpers in Berührung gebracht, färbte die Lösung diese sogleich intensiv schwarz. Durch Säuren wird sogleich schwarzes Schwefelquecksilber daraus abgeschieden. Die Lösungen der einfach kohlensauren, der schwefelsauren, salpetersauren und chlorwasserstoffsauren Alkalien bringen keine Veränderungen in der Lösung des Salzes hervor, eine Lösung von gewöhnlichem phosphorsaurem Natron aber scheidet sogleich Schwefelquecksilber daraus ab.

Da die breiartig krystallinische Masse von der sie einschliefsenden Mutterlauge nicht durch Filtriren getrennt werden konnte, so geschah diefs durch wiederholtes Pressen der Masse zwischen Fliefspapier, das dabei anfangs intensiv schwarz sich färbte, aber in dem Grade als das Salz trocken wurde, dasselbe im rein weifsen Zustande zurückliefs, haarförmig, seidenglänzende Nadeln bildend.

In diesem Zustande mit Wasser in Berührung gebracht, zersetzt es sich sogleich, es scheidet sich schwarzes Schwefelquecksilber von sehr dichter Beschaffenheit ab, die davon getrennte Flüssigkeit reagirt stark alkalisch; läfst man sie stehen, so scheidet sich nach einiger Zeit noch eine kleine Menge Schwefelquecksilber daraus ab, schneller noch findet diefs beim Erhitzen der Flüssigkeit statt, es hält

aber schwer auf diese Weise alles Quecksilber aus der Lösung als Schwefelquecksilber abzuscheiden. Filtrirt man die erhitzte Lösung und setzt Chlorwasserstoffsäure hinzu, so entsteht unter einer starken Entwickelung von Schwefelwasserstoffgas noch ein geringer Niederschlag von Schwefelquecksilber. Die davon getrennte Flüssigkeit giebt dann mit Chlorbaryum nur eine schwache Reaction auf Schwefelsäure.

Das trockne Salz in einem Reagircylinder einer mäfsigen Hitze ausgesetzt, giebt eine grofse Menge Wasser ab, beim stärkeren Erhitzen schmilzt es zu einer rothen Flüssigkeit wie Schwefelleber, und an den kälteren Theilen des Glases setzen sich Quecksilberkugeln an; es sublimirt dabei kein Zinnober.

Sowohl beim Erhitzen des Salzes für sich allein, als auch beim Zusetzen von Kalihydrat fand eine so geringe Ammoniakentwickelung statt, dafs sie durch die Nase gar nicht und mit Mühe auch nur vermittelst eines mit Chlorwasserstoffsäure befeuchteten Glasstabes wahrgenommen werden konnte. Trocknet man das weifse Salz bei ungefähr 100° C., so verliert es sein Wasser und färbt sich citronengelb, diese Färbung hat sich aber nicht dem ganzen Rückstande mitgetheilt, man sieht in der gelben Masse einzelne weifse Stellen und aufser diesen auch noch eine grofse Menge kleiner Quecksilberkugeln. Das getrocknete Salz zieht aus der Luft mit grofser Energie Feuchtigkeit an und zerfliefst nach kurzer Zeit, schwarzes Schwefelquecksilber hinterlassend.

Die Untersuchung des Salzes wurde in folgender Weise ausgeführt. Um die Menge des Schwefels zu bestimmen, wurde in einem Kolben das Salz mit Königswasser zersetzt; die Oxydation geschah mit Leichtigkeit und ohne die geringste Entwickelung von Schwefelwasserstoff, aber bei mehrfach wiederholter Zersetzung des Salzes sowohl auf die so eben angegebene Weise als auch vermittelst chlorsauren Kalis und Chlorwasserstoffsäure, war es nicht möglich allen Schwefel zu oxydiren, ein Theil desselben

schied sich stets als fester Schwefel ab, dessen Gewicht bestimmt wurde. Die davon getrennte Flüssigkeit wurde mit Chlorbaryum versetzt, und aus der erhaltenen Menge der schwefelsauren Baryterde die des Schwefels berechnet. Nach Entfernung der überschüssigen Baryterde vermittelst Schwefelsäure wurde aus der Lösung das Quecksilber durch einen Strom von Schwefelwasserstoffgas entfernt, das erhaltene Schwefelquecksilber auf einem gewogenen Filter filtrirt und das Quecksilber daraus berechnet. Die vom Schwefelquecksilber abfiltrirte Flüssigkeit wurde zur Trockne eingedampft und aus der erhaltenen Menge des schwefelsauren Kalis das Kalium berechnet.

Ein anderer Theil des Salzes wurde mit Wasser zersetzt und die Flüssigkeit mit Salpetersäure sauer gemacht, wobei eine starke Entwickelung von Schwefelwasserstoff stattfand. Die Menge des auf diese Weise erhaltenen Schwefelquecksilbers wurde wiederum bestimmt. Die davon abfiltrirte Flüssigkeit wurde zur Entfernung des Schwefelwasserstoffs mit einer Lösung von schwefelsaurem Eisenoxyd versetzt, erhitzt, der abgeschiedene Schwefel filtrirt und die Lösung darauf mit salpetersaurem Silberoxyd versetzt. Die Menge des hierbei aus dem erhaltenen Chlorsilber berechneten Chlors betrug 2,97 Proc.

Ein dritter Theil des Salzes wiederum mit Wasser zersetzt, blieb 24 Stunden stehen; es hatte sich nach dieser Zeit alles in der Lösung enthaltene Quecksilber als Schwefelquecksilber abgeschieden, die davon getrennte Flüssigkeit roch stark nach Schwefelwasserstoff und blieb bei längerem Stehen so wie auch beim Zusetzen von Chlorwasserstoffsäure vollkommen klar. Sie wurde auf ein geringes Volumen eingedampft, hierauf mit Platinchlorid versetzt und im Wasserbade zur Trockne gebracht. Das hierbei erhaltene Kalium- und Ammonium-Platinchlorid wurde, nachdem sein Gewicht bestimmt worden war, in einem Strome von Wasserstoffgas geglüht, aus dem reducirten Platin hierauf mit Wasser das Chlorkalium ausgezogen, die Lösung desselben zur Trockne eingedampft, das

Gewicht des Rückstandes bestimmt und auf Kalium-Platinchlorid berechnet; die Differenz aus dem ursprünglich gewogenen Niederschlag ergab die Menge des Ammonium-Platinchlorids, und aus diesem wurde die Menge des Ammoniums gefunden: sie betrug nur 0,75 Proc. und ist als Chlorammonium im Salze enthalten. Aus der geringen Menge desselben, so wie auch aus der des Chlors ersieht man, dafs diese beiden Bestandtheile unwesentlich und nur als Verunreinigung des Salzes zu betrachten sind, da dasselbe bei seiner Bereitung nicht durch Wasser gewaschen, sondern nur durch Pressen zwischen Papier von seiner Mutterlauge befreit werden konnte.

Das Mittel aus drei Analysen ergiebt folgendes Resultat:

Quecksilber	= 32,87	Proc.
Kalium	= 25,26	»
Schwefel	= 9,82	»
Chlorkalium	= 3,13	»
Chlorammonium	= 2,23	»
Verlust (Sauerst. und Wasser)	= 26,69	»
	100,00.	

Ein Theil des Kaliums ist in der Verbindung als freies Kalihydrat enthalten; daher auch die stark alkalische Reaction des trocknen Salzes und die Eigenschaften desselben mit grofser Energie Feuchtigkeit anzuziehen, zu zerfliefsen und sich unter Abscheidung von Schwefelquecksilber zu zersetzen.

Es konnte durch Trocknen der Verbindung bei 100° der Wassergehalt derselben nicht bestimmt werden, da das Kali hierbei sein Wasser nicht verliert, zum Theil auch Kohlensäure anzieht, und da aufserdem auch bei dieser Temperatur schon eine Zersetzung der Verbindung stattfand, indem metallisches Quecksilber dabei sich erzeugte. Eine Bestimmung des Sauerstoffgehaltes aus dem Verlust war daher nicht möglich.

Es liefs sich deshalb nicht mit Sicherheit entscheiden, ob die krystallisirte weifse Verbindung ein Schwefelsalz sey, oder ob bei seiner Darstellung eine Oxydationsstufe des Schwefels sich gebildet habe, die mit Quecksilberoxyd verbunden bei Gegenwart von freiem Kali eine Beständigkeit erhalte, die durch den Einflufs des Wassers und im trocknen Zustande schon durch den der Luft aufgehoben werde und eine Zersetzung der Verbindung veranlasse. Das atomistische Verhältnifs in dem Quecksilber zu Kalium und Schwefel steht ist 1 : 2 : 2. Da der Sauerstoffgehalt der Verbindung sich nicht ermitteln liefs, so wäre es möglich gewesen, dafs unterschwefligsaures Quecksilberoxyd bei der Darstellung sich erzeugt habe, das durch die Gegenwart von freiem Kali vor der Zersetzung geschützt werde.

Es ist bekannt, dafs wenn man zu einer Quecksilberchloridlösung eine Auflösung von unterschwefligsaurem Natron setzt, im ersten Augenblick ein weifser Niederschlag von unterschwefligsaurem Quecksilberoxyd entsteht, der aber sofort unter mehrfachem Farbenwechsel endlich in schwarzes Schwefelquecksilber und Bildung von schwefelsaurem Alkali übergeht. $\dot{Hg}\ddot{S} + 2\dot{K}\dot{H} = HgS$ und $\dot{K}\dddot{S} + \dot{K}\dot{H}$. Man sieht hieraus, dafs das atomistische Verhältnifs der Bestandtheile dasselbe ist, wie das bei der Analyse des Salzes gefundene. Nun ist es in der That auch der Fall, dafs wenn man zu einer Lösung von unterschwefligsaurem Natron noch freies Alkali setzt, dieses die Quecksilberchloridlösung nicht mehr fällt, man erhält, wenn die Menge des hinzugesetzten freien Alkalis nicht zu grofs gewesen ist, eine klare farblose Flüssigkeit, aus der aber durch Abdampfen das weifse krystallisirte Salz nicht erhalten werden kann. Auch bei der Darstellung jenes Salzes kann man sich nicht gut erklären, auf welche Weise dabei die unterschweflige Säure sich hätte bilden sollen, da bei der Einwirkung des Kalihydrats auf Schwefelammonium nur Schwefelkalium, Ammoniak und Wasser entstehen kann.

Das hierbei erzeugte Schwefelkalium kann nur die niedrigste Schwefelverbindung seyn (KS)[1]) und diese ist es, welche mit HgS ein Schwefelsalz bildet, das aber sowohl in der concentrirten wässerigen Lösung als auch im trocknen Zustande nur bei Gegenwart von freiem Kali bestehen kann. Eine kleine Menge desselben reicht schon hin diesem Schwefelsalze im trocknen Zustande eine Beständigkeit zu geben, die aber schon durch den Einflufs des Kohlensäure- und Wassergehaltes der Luft aufgehoben wird und eine Zersetzung herbeiführt.

Brunner[2]) hat die Bildung desselben Salzes bei der Bereitung des Zinnobers auf nassem Wege wahrgenommen, wenn derselbe nach Kirchhoff's Vorschrift aus 300 Theilen Quecksilber, 68 Schwefel und 160 Kali dargestellt wird. Brunner giebt an, dafs bei diesem Verhältnifs die Menge des Alkalis zu grofs sey und Veranlassung zur Bildung dieses Schwefelsalzes gebe. Die erhaltene Ausbeute des Zinnobers falle dabei weit geringer aus, weil eine bedeutende Menge von Schwefelquecksilber durch das gebildete einfache Schwefelkalium in Lösung erhalten werde. Wird diese Lösung vom Zinnober getrennt und eingedampft, so erhält man neben unterschwefligsaurem Kali dieselben seidenglänzend nadelförmigen Krystalle, wie bei der Behandlung des durch Schwefelammonium gefällten Schwefelquecksilbers mit Kalihydrat.

Brunner hat vor 26 Jahren bereits die Eigenschaften und die Zusammensetzung dieses Schwefelsalzes beschrieben. Nach ihm besteht es aus $KS + HgS + 5\dot{H}$.

Obgleich ich bei der Untersuchung des auf die oben beschriebene Weise dargestellten Salzes zu denselben Resultaten gelangt bin, so war es mir doch nicht möglich diese Verbindung rein von freiem Kalihydrat zu erhalten. Selbst wenn ich das Trocknen durch Pressen zwischen Papier so weit fortsetzte, dafs dasselbe nicht im Mindesten

1) $NH^4S + HS$ und $2KO = 2KS$, NH^3 und $2HO$.

2) Pogg. Ann. Bd. 15, S. 593.

mehr benetzt wurde, so ergab die Analyse dieses Schwefelsalzes doch noch einen Gehalt von freiem Kali. Die Menge desselben steht zwar in keinem bestimmten atomistischen Verhältnifs zum Salze, aber seine Gegenwart scheint mir zur Existenz dieses Schwefelsalzes nöthig zu seyn, wie diefs aus mehreren der angegebenen Eigenschaften hervorgeht.

Hat man durch Pressen des Salzes zwischen Papier so viel wie möglich das freie Kali entfernt, so erhält es sich nur ganz kurze Zeit. Selbst in verschlossenen Gefäfsen und weit schneller noch beim Zutritt der Luft tritt die Zersetzung ein, indem schwarzes Schwefelquecksilber sich abscheidet. Aber auch in seiner Lösung kann man sich durch die Reactionen, die einige Salze darin hervorbringen, überzeugen, dafs das freie Alkali zu seinem Bestehen erforderlich ist.

Brunner hat versucht diese Verbindung auf andere Weise noch darzustellen, nämlich durch Behandlung von Zinnober mit unterschwefligsaurem Kali und Schwefelkalium; es ist ihm aber nicht gelungen sie auf diesem Wege zu erhalten.

Die Erzeugung des einfach Schwefelkaliums als Bedingung für die Bildung des Schwefelsalzes betrachtend, stellte ich das weifse krystallisirte Salz noch auf andere Weise dar. Ich mengte Schwefelquecksilber mit Schwefel und mit einem Ueberschufs von festem Kalihydrat, und erhitzte das Gemenge in einem Porcellantiegel nur so lange, bis das Kalihydrat geschmolzen war. Die erkaltete Masse war von gelbrother Farbe, löste sich vollständig in Wasser auf, die Lösung zeigte die angeführten Eigenschaften und gab beim Eindampfen und nach dem Erkalten der Flüssigkeit die zu einer breiartig erstarrten Masse in seidenglänzenden Nadeln krystallisirte Verbindung.

Mit denselben Eigenschaften begabt erhielt ich das Salz, als ich aus einer Quecksilberchloridlösung durch einen Strom von Schwefelwasserstoffgas Schwefelquecksilber gefällt, darauf die darüberstehende saure Flüssigkeit abgegossen und

das Schwefelquecksilber durch mehrmaliges Waschen mit Wasser von der Chlorwasserstoffsäure getrennt, hierauf mit einer bedeutenden Menge einer Lösung von Kalihydrat übergossen hatte und nun einen raschen Strom von Schwefelwasserstoffgas hindurchleitete. In Zeit von wenigen Minuten war das ganze Schwefelquecksilber aufgelöst, und die Lösung eingedampft gab das weiſse Schwefelsalz.

Man darf jedoch hierbei den Strom des Schwefelwasserstoffgases nur so lange hindurchgehen lassen, bis das Schwefelquecksilber gelöst ist, denn sowie das noch vorhandene freie Kali durch das Schwefelwasserstoffgas anfängt gesättigt zu werden, so scheidet sich die ganze Menge des aufgelösten Schwefelquecksilbers wieder ab; ein neuer Beweis also, daſs das gebildete Schwefelsalz nur bei Gegenwart von freiem Kali und nicht bei einem Ueberschuſs von einfach Schwefelkalium bestehen kann.

Das bei der ersten Bereitung erhaltene Salz, das durch eine geringe Menge Chlorkalium und Chlorammonium verunreinigt war, löste ich um diese Bestandtheile zu entfernen noch einmal in Kalihydrat auf, dampfte die Lösung zur Krystallisation wieder ein, lieſs hierauf die Mutterlauge auf einem mit einem Glasstab verschlossenen Trichter abtropfen, und brachte das Salz durch Pressen zwischen Papier zur Trockne. Es enthielt jetzt keine Spur von Ammoniak und von Chlor. Durch das wiederholte Pressen zwischen Papier war dem Salze der gröſste Theil des freien Kalihydrats entzogen worden, und in diesem Zustande zersetzte es sich auſserordentlich schnell, schon durch den Einfluſs der Luft, es fing an auf der Oberfläche schwarz zu werden, und diese Färbung theilte sich bald dem ganzen Salze mit.

Das trockne und noch weiſse Salz gab bei der Untersuchung folgende Resultate:

Quecksilber	= 39,89	Proc.
Kalium	= 23,39	»
Schwefel	= 13,42	»
Verlust (Sauerst. u. Wasser)	= 23,30	»
	100,00.	

Die für das Quecksilber erforderliche Menge des Schwefels beträgt beinahe die Hälfte von der gefundenen Menge. Berechnet man Schwefelquecksilber und den Rest des Schwefels als Schwefelkalium, die übrig bleibende Menge Kalium als Kali und den Verlust als Wasser, so giebt diefs folgende Zusammensetzung für das Salz:

			At.
HgS	= 46,28	Proc.	1
KS	= 24,18	»	1
KO	= 7,53	»	$\frac{2}{5}$
HO	= 22,01	»	6
	100,00.		

Berechnet man auf dieselbe Weise die bei der ersten Analyse erhaltenen Resultate, so giebt diefs:

			At.
HgS	= 38,14	Proc.	1
KS	= 15,64	»	1
KO	= 17,07	»	1
KCl	= 3,13	»	
NH^4Cl	= 2,23	»	
HO	= 23,79	»	8
	100,00.		

Man ersieht hieraus, dafs das Verhältnifs des Schwefelquecksilbers zum Schwefelkalium dasselbe ist, dafs aber die Menge des freien Kalis veränderlich seyn kann, je nachdem man der Verbindung durch Pressen zwischen Papier mehr oder weniger Kali entzogen hat. Das bei der ersten Darstellung erhaltene Salz enthielt mehr Kalihydrat, hielt sich in Folge dessen lange Zeit unverändert und blieb weifs, während nach der Umkrystallisation das erhaltene Salz wiederholt und sehr stark zwischen Papier geprefst, mehr Kali verloren hatte, und dadurch, wie vorher erwähnt, auch schnell durch den Einflufs der Luft zersetzt wurde.

Um zu sehen, ob auch das Schwefelnatrium mit dem Schwefelquecksilber eine ähnliche Verbindung bilde, fällte ich aus einer gewogenen Menge von Quecksilberchlorid

durch Schwefelwasserstoffgas das Schwefelquecksilber aus, trennte dasselbe durch wiederholtes Waschen mit Wasser von der Chlorwasserstoffsäure, und übergofs es dann mit einer Lösung von Natronhydrat. Die Menge des darin enthaltenen festen Natronhydrats betrug 2 Atome auf 1 Atom des angewendeten Quecksilberchlorids. Durch das in der Natronlauge suspendirte Schwefelquecksilber wurde hierauf ein Strom Schwefelwasserstoffgas geleitet. Nach kurzer Zeit löste das Schwefelquecksilber sich auf und es entstand eine schwachgelblich gefärbte aber vollkommen klare Flüssigkeit. Beim Eindampfen derselben entstand eine Krystallhaut, die aber beim Erkalten der Flüssigkeit wieder verschwand. Beim ferneren Concentriren durch Abdampfen schied sich ein krystallisirtes Salz aus, das sogleich auf einen mit einem Glasstab verschlossenen Trichter gebracht, von der Mutterlauge getrennt und hierauf auf Fliefspapier getrocknet wurde, das dabei aber in weit geringerem Grade schwarz gefärbt wurde, als diefs beim Kalisalze der Fall war. Die Krystalle lösten sich mit Leichtigkeit in Wasser auf, und die Lösung konnte mit einer grofsen Menge Wasser verdünnt werden, ohne dafs eine Zersetzung stattfand. Mit Chlorwasserstoffsäure versetzt, entstand aber eine lebhafte Gasentwickelung, die jedoch nur zum Theil aus Schwefelwasserstoffgas bestand, und schwarzes Schwefelquecksilber schied sich dabei ab. Der gröfste Theil des durch die Chlorwasserstoffsäure ausgetriebenen Gases bestand aus Kohlensäure, die die alkalische Lösung aus der Luft aufgenommen hatte, da das Eindampfen derselben nicht unmittelbar nach der Lösung des Schwefelquecksilbers stattfand. Das Eindampfen geschah bei sehr mäfsiger Temperaturerhöhung, da durch das in der Wärme sich ausscheidende Salz ein sehr heftiges Stofsen der Flüssigkeit stattfand, wobei das freie Alkali durch die lange Berührung mit der Luft zum Theil in kohlensaures Salz sich verwandelte.

Die Untersuchung dieses krystallisirten Salzes ergab folgendes Resultat:

$$\begin{aligned} HgS &= 7{,}78 \text{ Proc.} \\ NaS &= 2{,}63 \quad » \\ \dot{Na}\ddot{C} &= 73{,}14 \quad » \\ HO &= \underline{16{,}45} \quad » \\ & 100{,}00. \end{aligned}$$

Die Kohlensäure wurde auf die Weise bestimmt, dafs das Salz in einem Kohlensäurebestimmungsapparat mit einer Lösung von neutralem chromsaurem Kali übergossen und durch concentrirte Schwefelsäure zersetzt wurde, wobei bekanntlich das aus dem Schwefelnatrium sich entwickelnde Schwefelwasserstoffgas die Chromsäure zu Chromoxyd reducirt und die Kohlensäure im reinen Zustande aus dem kohlensauren Salze sich entwickelt [1]).

Das Salz bestand also wesentlich aus kohlensaurem Natron, das nur eine geringe Menge des Schwefelsalzes aufgenommen hatte, mit welchem zusammen es aus der Lösung herauskrystallisirt war.

Die von diesen Krystallen getrennte Mutterlauge wurde daher noch weiter eingedampft, und erstarrte endlich zu einer blättrig krystallinischen gelb aussehenden Masse, die mit der noch rückständigen Mutterlauge einen steifen Brei bildete. Beim Pressen desselben zwischen Papier traten dieselben Erscheinungen ein, wie beim Kalisalze. Das zwischen Papier vollständig getrocknete Natronsalz war aber von gelber Farbe und bildete kleine Krystallschuppen. In allen seinen Eigenschaften glich es vollkommen dem Kalisalze; es wurde mit derselben Leichtigkeit durch Wasser und auch schon durch den Kohlensäuregehalt und die Feuchtigkeit der atmosphärischen Luft unter Abscheidung von schwarzem Schwefelquecksilber zersetzt.

1) Das im Handel vorkommende neutrale chromsaure Kali enthält häufig bedeutende Mengen von kohlensaurem Kali. Da bei der Kohlensäurebestimmung der rohen Soda, welche bisweilen Schwefelnatrium enthält, zur Zersetzung des dabei sich entwickelnden Schwefelwasserstoffgases das neutrale chromsaure Kali angewandt wird, so mufs man dasselbe auf die Verunreinigung durch kohlensaures Kali prüfen, ehe man es zu diesem Zweck anwendet.

Nachdem es noch einmal in Natronhydrat gelöst, schnell zur Krystallisation eingedampft und das ausgeschiedene Salz zwischen Papier getrocknet worden, war es frei von kohlensaurem Natron und bestand nach 2 Analysen aus:

	I.	II.
Quecksilber	= 40,20 Proc.	41,10 Proc.
Natrium	= 14,91 »	14,94 »
Schwefel	= 13,38 »	14,08 »
Verlust (Sauerst. u. Wasser)	= 31,51 »	29,88 »
	100,00.	100,00.

Hiernach besteht das Schwefelsalz aus:

	I.	II.	At.	berechnete Zusammensetzung.
HgS	= 46,64 Proc.	47,70 Proc.	1	47,81 Proc.
NaS	= 17,11 »	16,08 »	1	16,15 »
NaO	= 6,44 »	7,37 »	$\frac{1}{2}$	6,41 »
HO	= 29,81 »	28,85 »	8	29,63 »
	100,00.	100,00.		100,00.

Aus der bei der Untersuchung gefundenen Menge des Natrons, so wie auch aus den übrigen Eigenschaften der Verbindung geht hervor, dafs sie ebenso wenig wie das Kalisalz ohne freies Alkali bestehen kann.

Ich erwähnte vorher, dafs wenn das trockne Salz mit einer kleinen Menge Kalihydratlösung versetzt wird, die Lösung dann mit einer grofsen Menge Wasser sich verdünnen läfst, ehe sie zersetzt wird, und dafs diese Lösung dann mit den Lösungen aller neutralen alkalischen Salze versetzt werden könne, ohne Schwefelquecksilber abzuscheiden. Alle anderen Salze, wenn sie auch eine neutrale oder sogar alkalische Reaction gegen Lakmuspapier zeigen, die aber noch fähig sind eine bestimmte Menge Base aufzunehmen, bemächtigen sich in der Lösung des Schwefelsalzes des darin enthaltenen freien Alkalis und scheiden schwarzes Schwefelquecksilber ab.

Von dieser Beschaffenheit ist die Lösung des Borax, der zweifach kohlensauren Alkalien und des gewöhnlich

phosphorsauren Natrons, $(\dot{N}a^2 \dot{H} \dddot{P}) + 24 \dot{H}$, in welchem letzteren das dritte Atom Base, das Wasser, durch das vorhandene freie Alkali ersetzt wird, und die augenblickliche Zersetzung bewirkt, während die Lösung des pyrophosphorsauren Natrons, so wie die des Salzes mit 3 Atomen fixer Base $\dot{N}a^3 \dddot{P}$ und auch der neutrale Borax keine Zersetzung hervorbringen.

Setzt man aber diese letzteren Salze in einem bedeutenden Ueberschusse zu der alkalischen Lösung des Schwefelsalzes, so wirken sie gleich dem Wasser als Verdünnungsmittel auf das freie Alkali, und die Zersetzung des Salzes findet allmählich statt. Von ganz derselben Wirkung ist auch der Alkohol. Eine geringe Menge desselben bringt in der Lösung des Schwefelsalzes keine Veränderung hervor, durch Hinzufügen einer gröſseren Menge aber tritt die Zersetzung ein.

Einer der deutlichsten Beweise, daſs das Schwefelsalz ohne freies Alkali nicht bestehen kann, ist wohl der, daſs wenn man die Lösung desselben mit Schwefelwasserstoffwasser versetzt oder einen Strom von Schwefelwasserstoffgas hindurchgehen läſst, eine augenblickliche Abscheidung von Schwefelquecksilber stattfindet, so wie das freie Alkali durch den Schwefelwasserstoff gesättigt worden ist und sich in Schwefelkalium verwandelt hat. Dasselbe Resultat tritt auch ein, wenn man zu der Lösung des Salzes Schwefelblumen setzt und gelinde erwärmt.

Auch beim Erhitzen des trocknen Salzes müſste, wenn es nur aus Schwefelkalium-Schwefelquecksilber bestände, Zinnober sublimiren; dieſs ist aber nicht der Fall, durch die Gegenwart des freien Alkalis wird das Schwefelquecksilber zersetzt und metallisches Quecksilber verflüchtigt sich dabei.

Bei einer wiederholten Darstellung der Kaliverbindung vermittelst Schwefelammonium und Kalihydrat war die Menge des letzteren unzureichend gewesen und beim Erhitzen verwandelte sich das noch nicht gelöste schwarze Schwefel-

quecksilber in Zinnober von derselben dichten Beschaffenheit wie der sublimirte, aber von lebhafterer Farbe, durch eine gröfsere Menge von hinzugebrachtem Kali löste er sich jedoch vollständig auf. Ein Versuch auf diese Weise Zinnober auf nassem Wege zu erhalten führte aber zu keinem Resultate.

Hr. Prof. Stein theilt im polytechnischen Centralblatt [1]) in einem Artikel über die Löslichkeit des Zinnobers in Schwefelalkalien das Verfahren mit, den Zinnober mit Leichtigkeit aufzulösen, und ihn auf diese Weise auf seine Reinheit zu prüfen. Er giebt an, dafs er sich hierbei des Schwefelwasserstoff-Schwefelnatriums bedient habe, dafs aber bei einem Zusatz von Natronhydrat die Löslichkeit des Zinnobers beeinträchtigt werde. Auch das einfach Schwefelkalium hat er zu diesem Zweck angewendet und dabei gefunden, dafs durch Hinzufügen von freiem Natronhydrat die lösende Kraft der Flüssigkeit nicht geschwächt werde. Diese Beobachtungen stehen in innigem Zusammenhange mit den Versuchen, welche ich in dieser Abhandlung mitgetheilt habe. Ich habe ausführlich angeführt, dafs das Schwefelquecksilber mit dem einfach Schwefelkalium und dem Schwefelnatrium nur bei Gegenwart von freiem Alkali eine lösliche Verbindung eingeht. Wenn bei den Versuchen, die Hr. Prof. Stein über die Löslichkeit des Schwefelquecksilbers in dem einfach Schwefelkalium oder in dem Schwefelwasserstoff-Schwefelnatrium angestellt, die Lösung stattfand, so vermuthe ich, dafs darin noch freies Alkali vorhanden gewesen ist, und wenn, wie er angiebt, durch Hinzufügen von freiem Natronhydrat die Löslichkeit des Schwefelquecksilbers dadurch vermindert wurde, so glaube ich, dafs die Ursache davon ein Gehalt von kohlensaurem Natron im Natronhydrat gewesen ist, durch dessen Gegenwart, wenn es in bedeutender Menge vorhanden ist, das Schwefelquecksilber die Fähigkeit ganz verlieren kann sich in dem einfach Schwefelkalium oder Schwefelnatrium aufzulösen.

1) 1855. Lieferung 21. S. 1288.

Stellt man das Schwefelwasserstoff-Schwefelkalium, oder Schwefelnatrium auf die Weise dar, dafs man in die Lösung des reinen Alkali's einen raschen Strom von Schwefelwasserstoffgas hineinleitet, bis es damit gesättigt ist und stark darnach riecht, so ist die erhaltene Flüssigkeit nicht im Stande Schwefelquecksilber auch bei langer Digestion in der geringsten Quantität aufzulösen; so wie man aber feines Alkali zur Flüssigkeit noch hinzusetzt, so löst sich dann der Zinnober mit grofser Leichtigkeit darin auf.

VIII. *Ueber die Doppelsalze aus zweifach jodsaurem Kali und Chlorkalium oder schwefelsaurem Kali; von C. Rammelsberg.*

Sérullas erhielt [1]) bei seinen Untersuchungen über das Chlorjod zwei merkwürdige Doppelsalze, deren Zusammensetzung von ihm und später von Millon [2]), deren Krystallform aber von Niemand bestimmt worden ist.

Zweifach jodsaures Kali-Chlorkalium.

Wird Jod in Wasser vertheilt, Chlor hineingeleitet, bis jenes vollkommen aufgelöst ist, und die gelbe Flüssigkeit so lange mit kohlensaurem Kali versetzt, als das anfangs sich abscheidende Jod wiederum verschwindet, so setzen sich beim Stehen oder gelinden Verdunsten deutliche Krystalle dieser Verbindung ab.

Versetzt man eine Auflösung von einfach oder zweifach jodsaurem Kali mit Chlorwasserstoffsäure, und läfst die Mischung langsam eindampfen, so wird sie gelb, riecht nach Chlor und liefert gleichfalls das Doppelsalz.

1) *Ann. Chim. Phys. XLIII.* 113. Diese Ann. Bd. 18, S. 97.

2) *Ann. Chim. Phys.* 1843. *Decbr. p.* 400. Journ. f. pract. Chem. Bd. 31, S. 449.

Die Krystalle sind farblos und durchsichtig, meistens von geringer Gröfse. Sie gehören zum *zweigliedrigen* System, und stellen Combinationen eines rhombischen Prismas p dar, dessen stumpfe Seitenkanten durch a, dessen scharfe durch b gerade abgestumpft sind, wobei die Fläche a vorherrscht, und den Krystallen ein tafelartiges Ansehen giebt. Auf a sind die Flächen der dritten Paare r und $\frac{r}{2}$ aufgesetzt. Fig. 7, Taf. I.

Seltener bemerkt man die Endfläche c als schmale Abstumpfung der Kanten von $\frac{r}{2}$, so wie ein Rhombenoctaëder ^2o, welches die Kante zwischen $\frac{r}{2}$ und b abstumpft. Fig. 8, Taf. I.

Nimmt man p für das erste, und r für das dritte zugehörige Paar eines Hauptoctaëders o, so sind die Zeichen der beobachteten Flächen:

$^2o = 2a : b : c \qquad p = a : b : \infty c \qquad a = a : \infty b : \infty c$

$r = a : c : \infty b \qquad b = b : \infty a : \infty c$

$\frac{r}{2} = 2a : c : \infty b \qquad c = c : \infty a : \infty b.$

Die bezeichneten Winkelmessungen ergeben das Axenverhältnifs

$$a : b : c = 0{,}8713 : 1 : 0{,}7709.$$

Für das Hauptoctaëder $o = a : b : c$ und für das beobachtete ^2o sind die Kantenwinkel:

	2*A*.	2*B*.	2*C*.
$o =$	120° 0′	109° 58′	99° 8′
$^2o =$	109 38	141 24	83 16
		(beob. 141 45)	

	Berechnet.	Beobachtet.
$p : p$ an $a =$	97° 52′	97° 53′
» $b =$	82 8	82 6
$p : a =$		*138 56
$p : b =$	131 4	131 34
$r : r$ an $c =$	97 0	97 10
» $a =$	83 0	
$r : a =$		*130 30

	Berechnet.	Beobachtet.
$r : c$	= 138° 30′	
$\frac{r}{2} : \frac{r}{2}$ an c	= 132 16	132° 10′
» a	= 47 44	47 30
$\frac{r}{2} : c$	= 156 8	156 18
$\frac{r}{2} : a$	= 113 52	114 0
$r : \frac{r}{2}$	= 162 22	162 26
$p : r$	= 119 58	
$p : \frac{r}{2}$	= 107 46	
$^2o : a$	= 109 18	
$^2o : b$	= 125 11	
$^2o : c$	= 138 22	
$^2o : \frac{r}{2}$	= 144 49	

Oft ist die Zone der dritten Paare die herrschende an den Krystallen. Von den Flächen *r* fehlt eine oder ist sehr klein; dasselbe gilt von *b*; auch ist das Prisma *p* oft unsymmetrisch, eine Fläche matt oder vertieft. Fig. 9, Taf. I. Sie sind oben und unten ausgebildet.

Die Krystalle sind in Wasser ziemlich schwer auflöslich, aus der Auflösung erhält man sie nur theilweise wieder, da das Doppelsalz durch Wasser zersetzt wird, und zweifach jodsaures Kali später anschiefst. Die Auflösung reagirt sauer. Beim Erhitzen in einer unten geschlossenen Röhre verlieren sie nur eine geringe Menge hygroskopischer Feuchtigkeit, schmelzen, entwickeln Chlorjod und Jod, dann viel Sauerstoff, und hinterlassen Jodkalium mit etwas Chlorkalium.

I. 2,457 Grm., welche gepulvert über Schwefelsäure getrocknet worden, wurden in Wasser gelöst. Durch Zusatz von salpetersaurem Silberoxyd, schwefliger Säure und Salpetersäure wurden 3,271 Jod- und Chlorsilber erhalten. Diese, in einem Strom von Chlorgas geschmolzen, verwandelten sich in 2,3144 Chlorsilber. Die Differenz beider

Gewichte = 0,9566, mit der Zahl 1,388 multiplicirt, giebt 1,32776 Jod = 2,459 Jodsilber, welche 1,74635 Jodsäure entsprechen. Der Rest = 3,271 — 2,459 = 0,812 ist Chlorsilber = 0,20076 Chlor. Die von dem Silberniederschlage getrennte Flüssigkeit, von dem Ueberschufs des Silbers befreit, lieferte 0,953 schwefelsaures Kali = 0,51521 Kali.

II. 2,193, welche beim Trocknen nur 0,001 verloren, gaben in ähnlicher Art 2,876 Chlor- und Jodsilber = 2,195 Jodsilber = 1,56 Jodsäure und 0,681 Chlorsilber = 0,16837 Chlor; ferner 0,848 schwefelsaures Kali = 0,458446 Kali.

III. 2,984 wurden aufgelöst, mit Ammoniak möglichst neutralisirt und mit salpetersaurem Baryt gefällt. Der jodsaure Baryt verlor über 160° nichts mehr an Gewicht, und betrug 3,247, entsprechend 2,226 Jodsäure. Aus dem Filtrat fällte salpetersaures Silberoxyd 1,028 Chlorsilber = 0,25416 Chlor.

100 Th. des Salzes haben hiernach gegeben:

	I.	II.	III.
Kali	20,97	20,90	
Jodsäure	71,08	71,14	74,60
Chlor	8,17	7,69	8,52
	100,22.	99,73.	

Demnach besteht dieses Doppelsalz aus 1 At. Chlorkalium und 1 At. zweifach jodsauren Kalis

$$\mathrm{K\,Cl} + \dot{\mathrm{K}}\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\mathrm{J}}^2.$$

Berechnet.

1 At.	Kali	=	589,3 =	10,35
2 »	Jodsäure	=	4172,0 =	73,28
1 »	Kalium	=	489,3 =	8,59
1 »	Chlor	=	443,3 =	7,78
			5693,9.	100.

Oder:

Kali	20,70
Jodsäure	73,28
Chlor	7,78
	101,76.

Sérullas, welcher nur das Chlor und Jod in der Form von Silbersalzen bestimmte, die er durch Ammoniak trennte, berechnet 83,9 jodsaures Kali und 16,1 Chlorkalium, während die Rechnung 83,63 und 16,37 giebt.

Millon hat sich begnügt, nur die Menge des Kalis zu bestimmen, welche er = 20,28 Proc. fand, weshalb er glaubte, das Salz enthalte 1 At. Wasser, was durch Sérullas's und meine Versuche widerlegt wird.

2. **Zweifach jodsaures und schwefelsaures Kali.**

Aus einer mit Schwefelsäure vermischten Auflösung von einfach jodsaurem Kali erhält man beim Verdampfen zuerst gröfsere eingliedrige Krystalle von dreifach jodsaurem Kali, und sodann, theilweise mit ihnen gemengt, das in Rede stehende Doppelsalz.

Die Krystalle desselben zeigen zweierlei Modificationen.

a) Rhombische Tafeln, gebildet aus dem Rhombenoctaëder o mit starker Abstumpfung der schärferen Seitenecken durch die Hexaïdfläche b, während a die stumpferen abstumpft, und q als zweites zugehöriges Paar diefs an den schärferen Endkanten thut. Aufserdem beobachtet man ein erstes Paar ^2p, ein drittes Paar r^2 und ein Rhombenoctaëder $o^{\frac{1}{3}}$ als Abstumpfung der Kanten zwischen o und b. Fig. 10 und 11, Taf. I.

b) Rechtwinklig vierseitige Tafeln, gebildet von den Hexaïdflächen b und c, erstere vorwaltend, untergeordnet a; in der Horizontalzone aufser ^2p auch das erste zugehörige Paar p. In der Endigung statt q das zweifach schärfere q^2, und das Hauptoctaëder o untergeordnet. Fig. 12, Taf. I.

Geht man von o aus, so sind die Flächen:

$o = a : b : c$	$p = a : b : \infty c$	$a = a : \infty b : \infty c$
$o^{\frac{1}{3}} = a : \frac{1}{3} b : c$	$^2p = 2a : b : \infty c$	$b = b : \infty a : \infty c$
	$q = b : c : \infty a$	$c = c : \infty a : \infty b$
	$q^2 = b : 2c : \infty a$	
	$r^2 = a : 2c : \infty b.$	

Das Axenverhältnifs dieses *zweigliedrigen* Systemes ist

$$a : b : c = 0,4388 : 1 : 0,5521.$$

		Berechnet.	Beobachtet.
o	$2A$ =	142° 4′	142° 30′
	$2B$ =	84 24	
	$2C$ =	107 54	

		Berechnet.	Beobachtet.
$o\frac{1}{3}$	$2A =$	88° 16′	
	$2B =$	113 54	
	$2C =$	128 38	
$p : p$	an $a =$	132 36	132° 41′
	» $b =$	47 24	47 19
$p : a$	$=$	156 18	156 12
$p : b$	$=$	113 42	113 25
${}^2p : {}^2p$	an $a =$	97 28	97 25
	» $b =$	82 32	
${}^2p : a$	$=$	138 44	138 24
${}^2p : b$	$=$		*131 16
$p : {}^2p$	$=$	162 26	162 30
$q : q$	an $c =$	122 12	
	» $b =$	57 48	
$q : c$	$=$	151 6	
$q : b$	$=$	118 54	
$q^2 : q^2$	an $c =$	84 20	84 15
	» $b =$	95 40	
$q^2 : c$	$=$		*132 10
$q^2 : b$	$=$	137 50	137 52
$q : q^2$	$=$	161 4	
$r^2 : r^2$	an $c =$	43 20	
	» $a =$	136 40	
$r^2 : c$	$=$	111 40	
$r^2 : a$	$=$	158 20	157—158
$o : a$	$=$	137 46	
$o : b$	$=$	108 58	108 30
$o : c$	$=$	126 3	
$o : p$	$=$	143 57	143 30
$o : q$	$=$	132 14	
$o\frac{1}{3} : a$	$=$	123 3	
$o\frac{1}{3} : b$	$=$	135 52	135—136
$o\frac{1}{3} : c$	$=$	115 41	
$o : a\frac{1}{3}$	$=$	153 6	153 24

Dieses Doppelsalz löst sich in Wasser unter Zersetzung

auf, denn man erhält aus der Auflösung Krystalle von zweifach jodsaurem Kali.

I. 2,125 Grm., lufttrocken, verloren bei 130° 0,017 Wasser, wobei sie sich schon röthlich färbten und einen schwachen Jodgeruch entwickelten. Mittelst Schwefelsäure zerlegt, gaben sie 1,05 einfach schwefelsaures Kali = 0,56765 Kali.

II. 2,573 wurden aufgelöst und mit salpetersaurem Silberoxyd gefällt. Das bei 160° getrocknete jodsaure Silberoxyd wog 1,636, entsprechend 0,965495 Jodsäure. Aus dem Filtrat wurde, nach Ausfällung des überschüssigen Silbers, durch Chlorbaryum 2,613 schwefelsaurer Baryt = 0,8977 Schwefelsäure erhalten.

Hiernach enthält das bei 130° getrocknete Salz

		Sauerstoff.
Kali	26,93	4,57
Jodsäure	37,83	9,07
Schwefelsäure	35,18	21,07
	99,94.	

Da die Sauerstoffmengen sich = 1 : 2 : 4,8 = 5 : 10 : 24 verhalten, so besteht das Salz aus 5 At. Kali, 2 At. Jodsäure und 8 At. Schwefelsäure, und ist folglich eine Verbindung von 1 At. zweifach jodsaurem Kali und 4 At. zweifach schwefelsaurem Kali,

$$\dot{K}\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{J}^2 + 4\dot{K}\overset{\cdot\cdot\cdot}{S}^2,$$

welche enthalten mufs:

5 At.	Kali	= 2946,5	= 26,5
2 »	Jodsäure	= 4172,0	= 37,5
8 »	Schwefelsäure	= 4006,0	= 36,0
		11124,5.	100.

Das bei 130° entwichene Wasser beträgt 0,8 Proc. und ist nur hygroskopisches, da es 1 Proc. betragen müfste, um 1 At. auszumachen.

Nach der Formel mufs das Salz beim Glühen 49 Proc. einfach schwefelsaures Kali hinterlassen. Sérullas erhielt nur 34 Theile, entsprechend 18,48 Kali. Ferner bestimmte er aus dem Jodsilber die Menge der Jodsäure zu 62,53 Proc.

Serullas hat also eine andere Verbindung untersucht, und obwohl seine Analyse nicht genau zu seyn scheint, nähert sich das Resultat doch einer Verbindung von je 1 At. beider Salze. Die Formel

$$\dot{K}\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{J}^2 + \dot{K}\dddot{S}^2$$

verlangt nämlich:

2 At.	Kali	= 1178,6	= 18,55
2 »	Jodsäure	= 4172,0	= 65,68
2 »	Schwefelsäure	= 1001,5	= 15,77
		6352,1.	100.

Millon führt an, er habe dasselbe Salz wie Serullas untersucht, obwohl er daraus 2,28 — 2,50 Proc. Wasser und 23 Proc. schwefelsaures Kali erhielt, welche nur 12,43 Proc. Kali entsprechen würden.

Dieses Doppelsalz ist deswegen besonders interessant, weil es *wasserfreies* zweifach schwefelsaures Kali enthält.

IX. *Ueber einige Krystallgestalten des Siderit; von Adolf Kenngott in Wien.*

Eine beiläufige Bemerkung des Hrn. Dr. Fridolin Sandberger, (Seite 48 in der zweiten Abtheilung des neunten Heftes der Jahrbücher des Vereins für Naturkunde im Herzogthum Nassau) dafs er bei einem Besuche des k. k. Hof-Mineralien-Cabinets zu Wien das spitze Rhomboëder 4*R* mit ganz scharfen Kanten an einem Exemplare des Siderit von Tavistock in England gesehen habe und dafs sich in derselben Sammlung Scalenoëder von Siderit, ebenfalls von Tavistock, und von Rhodochrosit aus Siebenbürgen befänden, veranlafste mich, die betreffenden Species durchzusehen, um Einiges genauer darüber mitzutheilen, weil die Scalenoëder bei diesen seltene Formen sind.

Als einfache Krystallgestalten des Siderit findet man aufser der Grundgestalt, dem Rhomboëder $R = 107^{\circ}\ 0'$, das stumpfere Rhomboëder $\frac{1}{2}R'$, die spitzeren Rhomboëder $2R'$, $4R$ und $5R'$, die hexagonalen Basisflächen $0R$, das hexagonale Prisma in normaler und das in diagonaler Stellung, ∞R und $R\infty$, das Scalenoëder $R3$ und die hexagonale Pyramide $\frac{4}{3}P2$ in diagonaler Stellung angegeben; die in den Sammlungen des k. k. Hof-Mineralien-Cabinets enthaltenen Exemplare zeigen meist die bekannteren einfachen Gestalten und einige Combinationen, welche gleichfalls bekannt sind, und ich habe es daher nur für zweckmäfsig gehalten, vier Exemplare hervorzuheben, deren Krystalle von Interesse sind und die Morphologie des Siderit bereichern, nämlich zwei von Tavistock in England, eins von Johann-Georgenstadt in Sachsen und eins von Lostwisthiel in Cornwall.

An dem einen Exemplare von Tavistock, welches eine dünne Platte von Quarz darstellt, sind auf der einen Seite dichtgedrängte, grünlichbraune, durschscheinende, spitze Scalenoëder aufgewachsen, welche für das Anlegegoniometer zu klein, für das Reflexionsgoniometer nicht glänzend genug sind, dem Anblicke nach sich aber als $R3$ darstellen, Ihre Flächen sind durch unterbrochene Bildung und dadurch hervorragende Krystalltheilchen rauh und dabei schwach schwärzlich angelaufen.

Auf der anderen Seite, der Rückseite desselben Stückes, sind eine Anzahl kleiner und dünner, dick- und kurznadelförmiger Kryställchen von grünlichgelber Farbe aufgewachsen und aufliegend zu bemerken, welche eine sehr nette und interessante Combination darstellen. Sie sind durchschnittlich 3 bis 4 Millimeter lang und nahezu 1 Millimeter dick, fest angewachsen, eignen sich in keiner Weise zu einer genauen Messung, aufser wenn man eine gröfsere Anzahl derselben hätte und es nicht schadete, wenn man mehrere derselben zersprengte, um eins zu erlangen, welches einzelne Winkel bestimmen liefs. Ich konnte daher

die Combination nur durch den Anblick unter der Lupe bestimmen und ein Bild von ihr giebt Fig. 13 Taf. I.

Ein sehr spitzes Scalenoëder *a*, vielleicht $4R'2$ ist an den Endecken sechsflächig zugespitzt durch die Flächen eines zweiten spitzen Scalenoëders in entgegengesetzter Stellung, die Zuspitzungsflächen paarweise auf die scharfen Endkanten des ersteren aufgesetzt. Es dürfte dieses zweite Scalenoëder *b* das bekannte Scalenoëder $R3$ seyn, dessen Endecken wiederum und zwar dreiflächig zugespitzt sind, die Zuspitzungsflächen *c* gerade auf die stumpferen Endkanten aufgesetzt. Es unterliegt keinem Zweifel, dafs diese Zuspitzungsflächen *c* die Flächen der Grundgestalt, des stumpfen Rhomboëders *R* sind, welche auch manchmal ganz fehlen. Zuletzt erscheinen noch als gerade Abstumpfungsflächen der Endecken die mit *o* bezeichneten hexagonalen Basisflächen.

Die Flächen des spitzesten Scalenoëders *a* ($4R'2$?) sind ein wenig convex gekrümmt, wodurch die stumpfen Endkanten noch stumpfer erscheinen und haben den geringsten Glanz. Die Flächen *b* sind eben und glatt, so wie die Flächen *c* und *o*, doch glänzen sie nicht stark. Die Enden einzelner Krystalle sind leider durch Abstofsen verletzt, weil gerade diese Seite des Stückes mit den spärlichen kleinen Kryställchen weniger beachtet wurde.

An dem zweiten Exemplare von demselben Fundorte, welches gleichfalls ein plattenförmiges Stück von etwa 20 Millimeter Dicke darstellt, ist die eine breite Seite dicht mit sehr kleinen, aber vorzüglich schönen Kryställchen bedeckt. Sie sind grünlich braun und durchsichtig bis durchscheinend und mit der vorangehend beschriebenen Combination verwandt. Es erscheinen nämlich an ihnen vorherrchend die beiden spitzen Scalenoëder *a* und *b*, wie es die Fig. 14 Taf. I angiebt, in ziemlich gleicher Ausbildung, so dafs die schärferen Endkanten des spitzeren Scalenoëders *a* nicht mehr sichtbar sind, zuweilen auch die Flächen *b* so weit herabgehen, dafs querlaufende Combinationskanten der wechselsweise oberen und unteren Flächen beider Sca-

lenoëder entstehen. An einzelnen Krystallen bemerkt man auch noch die Flächen der Grundgestalt *R* als stumpfe dreiflächige Zuspitzung der Endecken.

Die Flächen des Scalenoëders *b* glänzen ziemlich stark und würden sich selbst zu Messungen eignen, wenn man nicht gerade das Exemplar schonen müfste, da die dicht gedrängten Kryställchen von $1\frac{1}{2}$ bis 2 Millimeter Länge es nicht leicht machen, ein zur Messung bequemes ohne Zerstörung vieler zu trennen. Die Kryställchen sind scharf ausgebildet und lassen sich unter der Lupe recht gut studiren. Die Flächen des spitzeren Scalenoëders *a* sind weniger glänzend als die des anderen, aber weniger gekrümmt als an dem zuerst beschriebenen Exemplare.

Die Kryställchen sind auf einer 4 bis 5 Millimeter dicken Schicht braunen dichten Limonits aufgewachsen, deren Oberfläche unter den Kryställchen, wie man an einigen weniger dicht besetzten Stellen sehen kann, mit kleinkugligen Gebilden bedeckt ist. Unter der Limonitschicht folgt eine scharf begränzte Schicht bläulichgrauen ins Bräunliche ziehenden Thoneisensteins von 4 bis 5 Millimeter Dicke, mit braunem Striche; und unter dieser folgt eine scharf geschiedene Schicht eines dunkelgrünen, fast dichten Amphibolschiefers von 8 bis 10 Millimeter Dicke mit eingesprengten flachgedrückten Pyritkörnchen. Diese Amphibolschieferschicht ist von einer weiteren scharf geschiedenen Unterlage getrennt worden, wie man aus der nahezu ebenen grauen und braunen Fläche ersieht, und es sitzen auf ihr verstreut einzelne kleine Sideritkryställchen, welche dieselbe Combination, wie auf der parallelen reich besetzten Seite zeigen.

Das dritte Exemplar von Lostwisthiel in Cornwall zeigt auf Quarzkrystallen aufgewachsene vereinzelte kleine lichtgelbe, durchsichtige Sideritkrystalle von 3 bis 4 Millimeter Länge. Dieselben sind scharf ausgebildet und haben glänzende Flächen, so dafs es möglich war, vermittelst des Reflexionsgoniometers die Endkantenwinkel zu messen. Sie zeigen das spitze Scalenoëder *R*3 für sich oder auch mit

dreiflächiger Zuspitzung der Endecken durch die Grundgestalt *R*, welche letzteren Flächen etwas matter sind und nur durch die Lage als solche sich erkennen lassen. Aufser den einzelnen und regelmäfsig verwachsenen Krystallen sieht man auch zwei deutlich ausgebildete Kreuzzwillinge, welche so durchwachsen sind, dafs die Hauptaxen sich nahezu rechtwinklig schneiden und die aneinander stofsenden scharfen Endkanten einen stumpfen Winkel bilden.

Einen ähnlichen Kreuzzwilling zeigt das vierte Exemplar von dem Neu-Leipziger-Glück-Stollen zu Johann-Georgenstadt in Sachsen, welches vornehmlich wegen dieses Zwillings durch den Hrn. Sectionsrath W. Haidinger in das k. k. Hof-Mineralien-Cabinet gelangt war. Die aufgewachsenen Krystalle des Siderit an diesem Exemplare sind klein und gewöhnlich etwas tonnenförmig, indem sie die Combination eines hexagonalen Prisma (des in diagonaler Stellung) mit convexen Flächen und der Basisflächen darstellen. Die letzteren Flächen sind glatt und eben, während die Prismenflächen rauh, unter der Lupe zitzenförmig gekörnt erscheinen. Aufser diesen Flächen bemerkt man unterhalb der Basisflächen die Flächen eines spitzen Scalenoëders, wodurch die Basisflächen Ditrigone bilden, und die diesem Scalenoëder *Rn* entsprechenden Rhomboëderflächen *R* als Abstumpfungsflächen der dreiflächigen Combinationsecken zwischen *Rn* und *oR*. An einzelnen Krystallen, so wie gerade an dem Zwilling, finden sich noch die Flächen des hexagonalen Prisma in normaler Stellung, aber schmal und diesen abwechselnd aufgesetzt die Flächen eines spitzen Rhomboëders *mR'*. Die Flächen der zuletzt angegebenen zwei Gestalten sind matt, während die des Scalenoëders schwach glänzen; auch die Flächen des Rhomboëders *R* sind matt. Der Kreuzzwilling, welcher frei aufliegt und unter der Lupe bei der Gröfse von nicht 3 Millimeter in der Länge die Combination deutlich erkennen läfst, unterscheidet sich von dem obigen aus Cornwall durch die Verschiedenheit des Winkels, unter welchem sich die Hauptaxen durchkreuzen und welcher dem

Augenmaafse nach etwa 120° betragen kann. In der oberen horizontalen Ebene liegen die Flächen des hexagonalen Prisma in normaler Stellung.

Andere prismatische und nur durch die relative Länge der Hauptaxe verschiedene, daher bald säulenförmige, bald tafelförmige Krystalle des Siderit sind schon mehrfach beschrieben worden, und es zeigen die in den Sammlungen des k. k. Hof-Mineralien-Cabinets befindlichen Exemplare an ihnen nichts Bemerkenswerthes oder Neues. Dasselbe gilt von anderen rhomboëdrischen Krystallen, die gleichfalls schon bekannt genug sind.

X. *Zirconerdehaltiger Tantalit von Limoges in Frankreich; von Dr. Gustav Jenzsch.*

Zur Analyse des Tantalits von Chanteloube im Arr. Limoges, Dep. Haute-Vienne in Frankreich, dienten Exemplare, welche Hr. H. Rose vor einiger Zeit von Hrn. Damour erhielt. Ich untersuchte zwei Stücke, von denen das eine derb und vollständig frisch war, muschligen Bruch, metallisirenden Demantglanz und eine Härte

$= 8\frac{1}{2}$ nach 12theiliger,
$= 6{,}5$ » 10 »

Scala besafs; das andere Stück war etwas zerklüftet und auf den zarten Kluftflächen gleichsam mit einem bläulichweifsen Reife überhaucht. Das Strichpulver beider eisenschwarzen Substanzen war schwärzlichbraun.

Das spec. Gewicht des derben Stückes fand ich

$= 7{,}703,$

das des etwas zerklüfteten aber

$= 7{,}027$ bis $7{,}042.$

Wie bei allen meinen spec. Gewichtsbestimmungen wurde das Mineral in kleinen Stückchen angewendet, das Ge-

wicht aber auf die gröfste Dichtigkeit des Wassers zurückgeführt.

Die Verschiedenheit der Gewichte beider Substanzen läfst auf eine Verschiedenheit in der Zusammensetzung schliefsen, und in der That ergab sich eine solche durch die chemische Analyse.

Der feingepulverte und geschlämmte Tantalit wurde mit der 6 fachen Menge sauren-schwefelsauren Kalis geschmolzen, die geschmolzene Masse in Wasser aufgeweicht, der mit verdünnter Salzsäure ausgewaschene ungelöste Rückstand aber zur Trennung des vorhandenen Zinnoxydes mit der 4 fachen Menge von gleichen Theilen Schwefels und kohlensauren Natrons im Porcellantiegel geschmolzen. (Beim Tantalit vom spec. Gewichte 7,703 wurde der Rückstand vor der Behandlung mit Schwefel und kohlensaurem Natron noch mit concentrirter Schwefelsäure gekocht und ausgewaschen.) Das mit Wasser ausgelaugte ungelöst Zurückgebliebene wurde wiederum mit saurem schwefelsaurem Kali geschmolzen, in Wasser aufgeweicht, ausgewaschen und als Tantalsäure gewogen.

Das in Lösung Zinnoxyd enthaltende Filtrat wurde sauer gemacht, um das Zinn als Schwefelzinn zu fällen. Aus den anderen Filtraten wurden die kleinen Zinnmengen durch Schwefelwasserstoff gefällt. Das Zinn wurde als Zinnoxyd und nachher als metallisches Zinn durch Reduction mit Wasserstoff bestimmt, die geringe in demselben noch enthaltene Menge von Tantalsäure aber davon getrennt und zu der schon gefundenen Tantalsäure gefügt. Es wurde nämlich das Zinnoxyd in Salzsäure gelöst, wobei die Tantalsäure ungelöst blieb und nach dem Schmelzen mit saurem schwefelsaurem Kali dasselbe Gewicht behielt.

Die gesammten bisher erhaltenen Filtrate wurden mit Schwefelammonium gefällt; im Filtrate fand sich weder Kalk, noch Magnesia.

Der durch Schwefelammonium erhaltene Niederschlag wurde mit dem Filter verbrannt, geglüht und dann mit Salpetersalzsäure digerirt. Hierbei löste sich das Eisen, aber

Zirconerde mit einer Spur von Mangan blieb ungelöst. Die erhaltene Solution behandelte ich mit bernsteinsaurem Ammoniak; sie enthielt jedoch kein Mangan. Behandelte ich den durch Schwefelammonium erhaltenen Niederschlag im feuchten Zustande mit Salzsäure, oxydirte die Lösung, neutralisirte sie und fügte bernsteinsaures Ammoniak hinzu, so wurde das Eisen mit einem Theil der Zirconerde, aber nicht vollständig gefällt. Sowohl der Niederschlag, als das Filtrat enthielt Eisen und Zirconerde. Wurde der so erhaltene Niederschlag geglüht und mit Säuren behandelt, so löste sich das Eisen auf, die Zirconerde blieb aber ungelöst zurück.

Setzte man zu einer Auflösung von Eisen und Zirconerde Weinsteinsäure, so wurde das Eisen gefällt, die Zirconerde aber blieb in Lösung und konnte nach Vertreibung der Ammoniaksalze und nach Zerstörung der Weinsteinsäure bestimmt werden.

In einer Glasröhre mit Zuckerkohle gemengt, bewirkte Chlorgas bei anfangender Rothglühhitze (es wurde ein Kohlenfeuer dazu angewendet) eine theilweise Verflüchtigung des weifsen Chlorzirconiums.

Aus einer Auflösung der Zirconerde wurde dieselbe als voluminöses Hydrat sowohl durch Ammoniak, als durch Kalihydrat gefällt.

Wurde dieses Zirconerdehydrat in möglichst wenig Salzsäure gelöst, so brachte eine concentrirte Lösung von schwefelsaurem Kali oder auch von saurem-schwefelsaurem Kali einen weifsen Niederschlag hervor, der sich beim Kochen mit Wasser nicht löste, aber in viel Salzsäure meist vollständig auflöslich war.

Setzte man zu einer Lösung der Zirconerde kohlensaures Ammoniak, so blieb dieselbe gelöst, fiel aber beim Erhitzen der Flüssigkeit nieder.

Nach allen diesen Eigenschaften enthalten daher die Tantalite von Limoges höchstwahrscheinlich Zirconerde [1]).

1) Wenn ich gröfsere Quantitäten zu meiner Disposition gehabt hätte, würde ich noch mit gröfserer Sicherheit die Natur der Zirconerde nachgewiesen haben.

Zur Analyse des Tantalits vom spec. Gewichte = 7,703 wendete ich 1,942 Grm. an. Die Analyse gab:

Tantalsäure	83,55
Zirconerde	1,54
Zinnoxyd	1,02
Eisenoxydul	14,48
Manganoxydul	Spur
	100,59.

Als Zusammensetzung des Tantalits vom spec. Gewichte = 7,027 bis 7,042, von dem ich 1,9495 Grm. zur Analyse anwendete, fand sich:

Tantalsäure	78,98
Zirconerde	5,72
Zinnoxyd	2,36
Eisenoxyd	13,62
Manganoxydul	Spur
	100,68.

Mit meiner ersten Analyse steht die Untersuchung von Hrn. Damour [1]) in grofser Uebereinstimmung. Er wendete zur Analyse 0,8255 Grm. an und erhielt:

Tantalsäure	82,98
(Kieselsäure)	0,42
Zinnoxyd	1,21
Eisenoxydul	14,62
Manganoxydul	Spur
	99,23.

Was die Kieselsäure betrifft, so schreibt darüber (a. a. O.) Hr. Damour:

»*Le sulfure de fer a été dissous dans l'eau régale. La dissolution évaporée et la masse sèche reprise par l'eau a abandonné une faible quantité de silice.*«

Es ist vielleicht wahrscheinlich, dafs dieselbe meiner Zirconerde entspricht, von welcher ich weiter oben sagte:

»Der durch Schwefelammonium erhaltene Niederschlag

1) *Ann. des Miner.* 3. *série*, *T.* 13, *p.* 337.

wurde mit dem Filter verbrannt, geglüht und dann mit Salpetersalzsäure digerirt. Hierbei löste sich das Eisen, aber Zirconerde mit einer Spur von Mangan blieb ungelöst.«

Es scheint daher nach den Untersuchungen des Hrn. Damour und den meinigen, dafs in den Tantaliten von Limoges die Zirconerde einen Theil der Tantalsäure ersetzen kann; hierdurch erklärt sich auch die grofse Verschiedenheit der spec. Gewichte der beiden von mir untersuchten Tantalite, da bekanntlich das spec. Gewicht der Zirconerde bedeutend niedriger ist, als das der Tantalsäure.

XI. *Chemisch-mineralogische Mittheilungen; von E. E. Schmid.*

Voigtit, ein neues Mineral vom Ehrenberg bei Ilmenau.

Der Ehrenberg, östlich von Ilmenau, ist ein durch die Ilm von der Hauptmasse des Thüringer Waldgebirgs getrennter, weder durch seine Länge, noch Höhe, wohl aber durch die Mannichfaltigkeit der an ihm auftretenden Thonschiefer, Porphyre, Grünsteine, Syenite und Granite ausgezeichneter Rücken. Deshalb gab bereits der Sächs. Weimarische Bergrath Voigt [1]), bekannt durch seine gewandte Vertheidigung der vulkanischen Hypothese gegen Werners Auctorität, eine genaue Beschreibung von ihm. Heim [2]) nannte ihn aus demselben Grunde einen Index zum Thüringer Waldgebirge.

Am westlichen Ende des Ehrenbergs tritt ein eigenthümlicher Granit auf, der besonders an dem Abhang zwi-

1) Voigt, Mineralogische und bergmännische Abhandlungen. Leipzig 1789. S. 1 bis 44.

2) Heim, Geologische Beschreibung des Thüringer Waldgebirges. Th. II. Abth. 3 und 4. Meinungen 1803. S. 121 u. folgd.

schen dem Neuen Haus und der alten Seigerhütte zugänglich ist. Schiefwinklich zusammenstofsende Quarzblättchen sind wie beim Schriftgranit im Feldspath eingebettet. Auf einzelnen Bruchflächen sieht man überdiefs deutlich, dafs drei Lagen von Quarzblättchen, die sich unter 60° und 120° schneiden, in ziemlicher Ausdehnung einander parallel bleiben, so dafs die von ihnen gebildeten Hocken Theilen des Umfangs einer hexagonalen Säule entsprechen. Der Feldspath herrscht im Gemenge vor. Dasselbe ist so innig, dafs die Dicke eines Quarzblättchens mit dem anliegenden Feldspath gewöhnlich noch nicht 1^{mm} beträgt. Glimmer fehlt; er ist durch ein Mineral [1]) ersetzt, dessen 1^{mm} bis 1^{cm} breite, äufserst dünne, aber sehr lange Blättchen regellos im Gestein zerstreut sind. Dieses Mineral haftet zu beiden Seiten frischgeschlagener Bruchflächen; es ist zwar sehr weich, läfst sich aber doch nur selten in einigermafsen breiten und dicken Flittern ablösen. Es ist braun, schwach fettglänzend, undurchsichtig. Im Kolben erhitzt giebt es reichlich Wasser aus. In der Löthrohrflamme läfst es sich zwischen den Spitzen der Platinpincette leicht zu einem schwarzen Glase schmelzen; in Borax und Phosphorsalz löst es sich leicht und reichlich mit den Reactionen des Eisenoxydes auf. Von Salzsäure wird es schon in der Kälte angegriffen; es entsteht eine gelbe Lösung; der ungelöste, etwas aufgequollene und aufgeblätterte Rückstand wird nach ein Paar Tagen vollkommen farblos.

Das Mineral in diesem gewöhnlichen Zustande trägt, wie das ganze Gestein, deutliche Zeichen einer vorgeschrittenen Verwitterung an sich. Die Uebergänge dieses verwitterten Zustandes in den frischen führte mir ein glücklicher Zufall bei meinem letzten Besuche des Ehrenbergs in die Hände. Die gewonnene Ausbeute an frischem Mineral betrug jedoch so wenig, nämlich noch nicht ganz 0^{grm},8, dafs sie eben für die Untersuchung ausreichte. Das frische Mineral scheint sehr selten zu seyn; wenigstens

1) Voigt und Heim a. a. O. halten es für Glimmer.

sind meine Aufträge darauf seit anderthalb Jahren unerledigt geblieben. Die Merkmale desselben sind die folgenden. Es ist dem Granit in langen schmalen Blättchen eingemengt, die gewöhnlich sehr dünn sind, indem sie nur selten die Dicke von 1mm oder darüber erreichen. Parallel der Blattfläche spaltet es sehr vollkommen. Seine Farbe ist lauchgrün; nur Flitter sind grün durchscheinend. In Folge der Verwitterung zieht sich die Farbe ins Gelbe und Braune. Der Glanz ist ein perlmutterartiger Fettglanz; die Härte etwas über 2; die Dichte 2,91. Im Kolben erhitzt, verliert es Wasser, indem es sich sehr bedeutend aufblättert, dunkelbraun und metallglänzend wird. Vor dem Löthrohr verhält es sich, wie das verwitterte Mineral; ebenso gegen Salzsäure.

0gr,343 des nur in Flittern zertheilten Minerals wurden so lange mit Salzsäure digerirt, bis der Rückstand vollkommen farblos geworden war. Leider war durch Spritzen ein Verlust veranlafst worden: die Lösung konnte deshalb nur zur quantitativen Bestimmung des in sehr geringer Menge auftretenden Natrons, und des Verhältnisses zwischen Eisenoxyd und Thonerde benutzt werden. Die Menge des neutralen, wasserleeren schwefelsauren Natrons betrug 0gr,0075, entsprechend 0,96 Proc. Natron. Auf 109 Eisenoxyd wurden erhalten 43 Thonerde.

0gr,476 hinterliefsen nach einviertelstündigem Glühen einen Rückstand von 0gr,4305; der Glühverlust — 0gr,0455 — als Wasser in Rechnung gebracht, giebt die Menge desselben zu 9,52 Proc. Die Dauer des Glühens wurde so sehr beschränkt in der Absicht, den aus einer höheren Oxydation des vermuthlichen Eisenoxydulgehaltes herrührenden Fehler möglichst zu vermeiden.

0gr,4205 des gepulverten, und dann wieder anhaltend geglühten Glührückstandes wurden mit kohlensaurem Natron aufgeschlossen. Die Farbe des Pulvers war gelblichbraun geworden; das Eisen konnte in ihm nur als Oxyd enthalten seyn. Die Analyse ergab:

0gr,1535 Kieselsäure
0 ,2150 Eisenoxyd und Thonerde
0 ,0940 pyrophosphorsaure Talkerde
0 ,0165 kohlensaure Kalkerde,

entsprechend der Zusammensetzung:

		Sauerstoffgehalt.	
Kieselerde	0gr,1535	0gr,0797	
Eisenoxyd	0 ,1542	0 ,0462	0,0746
Thonerde	0 ,0608	0 ,0284	
Talkerde	0 ,0342	0 ,0134	0,0160
Kalkerde	0 ,0093	0 ,0026	
	0gr,4120.		

Die fehlenden 0gr,0085 werden durch den Natrongehalt gedeckt. Dafs das Verhältnifs des Sauerstoffgehaltes der Kieselsäure, der Basen R_2O_3 und RO kein einfaches ist, kann nicht verwundern, da das Eisen, wie man schon aus der durch die Verwitterung veranlafsten Bräunung schliefsen mufs, erst durch längeres Glühen vollständig in Eisenoxyd übergeführt ist. Man erhält ein sehr befriedigendes Resultat, wenn man von der Annahme ausgeht, im frischen Mineral sey der Sauerstoffgehalt der Kieselerde doppelt so grofs, als derjenige der Basen R_2O_3. Auf diese Basen fällt dann $\frac{0^{gr},0797}{2} = 0^{gr},03985$ Sauerstoff, wovon nach Abzug von 0gr,0284 für die Thonerde, 0gr,0115 dem Eisen zugehört, entsprechend 0gr,0382 Eisenoxyd. Der Mehrbetrag des nach der Analyse des scharf geglühten Minerals an Eisen gebundenen Sauerstoffs gehört zu zwei Drittheilen, nämlich 0gr,0232, dem Eisenoxydul, dessen Menge also 0gr,1044 beträgt, zu einem Drittheil, nämlich 0gr,0116, wurde er während des Glühens aus der Luft aufgenommen. Den in Untersuchung genommenen 0gr,4205 scharf geglühten Minerals entsprechen also (0,4205 — 0,0116 =) 0gr,4089 des blofs entwässerten. Darin sind aber nach dem Obigen 0gr,0043 Natron enthalten mit einem Sauerstoffgehalte von 0gr,0011, welcher mit demjenigen des Eisenoxyduls, der Talkerde und Kalkerde vereint, die Summe von 0gr,0103

giebt, d. i. nur $0^{gr},0005$ mehr, als die Hälfte vom Sauerstoffgehalte der Kieselsäure, oder als der Sauerstoffgehalt der Basen R_2O_3 — eine Differenz, deren Vernachlässigung erlaubt ist. Das zu $0^{gr},4089$ des entwässerten aber nicht höher oxydirten Minerals gehörige Wasser würde endlich, gemäfs der oben angegebenen Bestimmung $\left(\frac{4089 \,.\, 455}{4305} =\right)$ $0^{gr},0432$ betragen, dessen Sauerstoffgehalt — $0^{gr},0384$ — von der Hälfte des Sauerstoffgehaltes der Kieselsäure um $0^{gr},0014$ abweicht. Diese Abweichung führt zu der Vermuthung, der oben erhaltene Glühverlust sey trotz der beschränkten Dauer des Glühens in Folge von Sauerstoffaufnahme von Seiten des Eisenoxyduls etwas geringer ausgefallen, als der Wassergehalt; nimmt man ihn zu $0^{gr},0448$ anstatt zu $0^{gr},0432$, oder zu 9,87 Proc. anstatt zu 9,52 Proc., so bietet er genau halb so viel Sauerstoff, als die Kieselsäure. Die wahre Zusamensetzung des Minerals ist danach:

	in $0^{gr},4537$	Sauerstoffgehalt		in 100,00 Theilen
Kieselsäure	0,1535	$0^{gr},0797$	$= 2 \,.\, 0^{gr},03985$	33,83
Thonerde	0,0608	0 ,0284	} = 0 ,03985	13,40
Eisenoxyd	0,0382	0 ,0115		8,42
Eisenoxydul	0,1044	0 ,0232	} = 0 ,0403	23,01
Talkerde	0,0342	0 ,0134		7,54
Kalkerde	0,0093	0 ,0026		2,04
Natron	0,0043	0 ,0011		0,96
Wasser	0,0448	. . . . .	0 ,03985	9,87
	0,4495			99,07

Sie entspricht mit überraschender Schärfe der Formel:

$$\left[3\left.\begin{matrix}FeO\\MgO\\CaO\\NaO\end{matrix}\right\} + SiO_3\right] + \left[\left.\begin{matrix}Al_2O_3\\Fe_2O_3\end{matrix}\right\} + SiO_3\right] + 3HO$$

— einer Formel, welche sich schon durch ihre Einfachheit empfiehlt, und durch ihre Verwandtschaft zu anderen wichtigen Mineralarten Interesse erregt. Sie bezeichnet ein Hydrat desjenigen Schemas, welches im Granat am reinsten

und reichsten entwickelt ist, dem sich auch viele der Mineralien unterordnen, die man trotz der Verschiedenheit ihrer Zusammensetzung auch unter dem gemeinschaftlichen Namen Magnesia-Glimmer zusammenfafst. Vom Magnesia-Glimmer aber ist das Ehrenberger Mineral durch seinen hohen Wassergehalt, für dessen Wesentlichkeit sein einfaches Verhältnifs zur Kieselsäure, für dessen Ursprünglichkeit das frische Aussehen der untersuchten Proben bürgt, bestimmt genug unterschieden.

Unzweifelhaft liegt ein neues Mineral vor, für welches ich den Namen *Voigtit* vorschlage, zum Andenken an den wackern Bergrath Voigt, dessen geognostische Forschungen der Umgegend von Ilmenau mit besonderer Liebe zugewendet waren.

Andalusit vom Katharinenberg bei Wunsiedel, von Robschütz bei Meifsen und von Bräunsdorf bei Freiberg.

Die Güte des Hrn. Apotheker Schmidt jun. in Wunsiedel, des gründlichen Kenners und eifrigen Sammlers Fichtelgebirgischer Vorkommnisse, verdanke ich die Mittheilung eines Andalusits vom Katharinenberge bei Wunsiedel, welcher sich seiner Reinheit wegen zur Analyse vorzüglich eignete. Hr. Pfingsten aus Hamburg hat dieselbe unter meiner Leitung im Laboratorium des physiologischen Institutes ausgeführt, zugleich mit der der Vorkommnisse von Robschütz bei Meifsen und von Bräunsdorf bei Freiberg, die aus der Mineralienhandlung des Hrn. Böhmer in Berlin bezogen waren.

Alle drei Vorkommnisse sind pfirsichblüthroth und härter als Quarz, aber weicher als Topas.

Die Dichte ist für den Andalusit vom Katharinenberg 3,12, von Robschütz 3,11, und von Bräunsdorf 3,07.

Alle drei Vorkommnisse werden entfärbt durch starkes Glühen, und verlieren dabei bemerklich am Gewicht; dasjenige vom Katharinenberge 2,15 Proc., von Robschütz 1,2 von Bräunsdorf 1,2. Dieser Glühverlust ist nicht weiter untersucht und berücksichtigt worden.

Der Andalusit gehört bekanntlich zu den sehr schwer aufschliefslichen Silicaten. Zur vollständigen Aufschliefsung mufs das Gemeng von feingepulvertem Andalusit mit der sechsfachen Menge trocknen kohlensauren Natrons bis zum gleichmäfsigen Flufs erhitzt werden. Um einen solchen gleichmäfsigen Flufs mittelst einer Berzelius'schen Lampe zu erzeugen, mufs man Spiritus von mehr als 80 Proc. anwenden, und seine Verbrennung durch ein Gebläse beschleunigen; als solches diente im vorliegenden Falle die bekannte Plattner'sche Spinne. Die nach der so bewirkten Aufschliefsung erhaltene Kieselsäure wurde übrigens noch dadurch auf ihre Reinheit geprüft, dafs sie in wässeriger Fluorwasserstoffsäure gelöst, eingedampft und nach Zusatz von Schwefelsäure verflüchtigt wurde. Die Analysen ergaben folgende Resultate.

Zusammensetzung des Andalusits in 100 Theilen:

	Katharinenberg.	Robschütz.	Bräunsdorf.
Kieselsäure	35,74	36,84	37,57
Thonerde	56,98	55,82	59,88
Eisenoxyd	5,71	3,22	1,33
Kalkerde	0,15	1,09	0,61
Talkerde	0,20	1,14	0,17
	98,78.	98,11.	99,56.

Der Andalusit von Bräunsdorf hat danach fast genau dieselbe Zusammensetzung, wie der von Munzig im Triebischthale nach Kerstens [1]) Analyse.

Vernachlässigt man die in geringer Menge auftretenden Basen RO, so erhält man das

Verhältnifs des Sauerstoffgehaltes der Kieselsäure und der Basen R_2O_3 im Andalusit

	vom Katharinenberg.	von Robschütz.	von Bräunsdorf.
	18,55 : 28,37	19,52 : 27,03	19,89 : 28,36
oder			
	2 : 3,06	2 : 2,77	2 : 2,86

1) Rammelsberg, Repertorium des chemischen Theils der Mineralogie 3tes Heft S. 15.

sehr nahe entsprechend der Formel

$$2Al_2O_3 + 3SiO_3$$

der sich nach Hrn. Pfingsten's sorgfältiger Rechnung auch alle übrigen bis jetzt untersuchten Andalusite mit Ausnahme derer von Lisenz gleich gut unterordnen.

XII. *Ueber den Dufrénoysit, Binnit und Adular des Binnenthales; von Ch. Heufser.*

Ein graues Schwefelmetall im Dolomit des Binnenthals ist zuerst von Lardy erwähnt worden in den Denkwürdigkeiten der allgemeinen Schweizerischen Gesellschaft für die gesammten Naturwissenschaften vom Jahre 1833, 1. Bd., 2. Abth. S. 244, und zwar mit den Worten: »*La dolomie de Binnen renferme une substance métallique d'un gris de plomb, qu'on a prétendu être de l'antimoine.*«

Nächstdem beschäftigte sich mit einem solchen grauen Schwefelmetall Hr. D. F. Wiser in Zürich, und gab genau das Löthrohrverhalten und die qualitativen Bestandtheile derselben an, nämlich Blei, Silber, Schwefel und Arsenik, im »Neuen Jahrbuch für Mineralogie etc. von Leonhard« vom Jahr 1839 S. 557. In demselben Jahrbuch vom Jahr 1840 S. 216 erwähnt Hr. Wiser bereits, dafs er eine dunklere und eine lichtere Färbung an zwei verschiedenen Stücken dieser bleigrauen metallischen Substanz bemerkt habe. Bei wiederholten Versuchen mit dem Löthrohr fand aber Hr. Wiser keinen weiteren Unterschied zwischen diesen beiden Varietäten, als dafs der Silbergehalt der dunkler gefärbten geringer zu seyn schien.

Hr. Damour veröffentlichte hierauf in den *Annales de chimie et de physique* vom J. 1845 *T. XIV p.*379 eine quantitative Analyse der fraglichen metallischen Substanz des Binnenthals und stellte dafür die Formel auf:

$$2\overset{\prime}{\mathrm{Pb}} + \overset{\prime\prime\prime}{\mathrm{As}}.$$

Spuren von Silber hatte Hr. Damour ebenfalls darin gefunden. Auch das Krystallsystem des Minerals erkannte Hr. Damour, und gab dasselbe mit Bestimmtheit als regulär an. Er belegte das Mineral mit dem Namen Dufrénoysit. In der Schweiz war dasselbe vorher ziemlich allgemein Binnit genannt worden.

Im Sommer 1854 brachte ich aus dem Binnenthal zwei Krystalle eines grauen Schwefelmetalls mit, welche entschieden nicht dem regulären System angehörten, sondern entweder dem 2 und 2gliedrigen oder dem 2 und 1gliedrigen; eine Messung sollte darüber entscheiden, konnte aber leider an den beiden Krystallen nicht ausgeführt werden. Ich sprach es daher in den »Mittheilungen der Zürcherischen naturforschenden Gesellschaft vom November 1854« als wahrscheinlich aus, dafs zwei ganz verschiedene dunkelgraue Schwefelmetalle im Dolomit des Binnenthales vorkommen, und schlug für das zweite, nicht reguläre, den bereits in der Schweiz gebräuchlichen Namen Binnit vor. Ich erlaube mir denselben jetzt, da ich mit Bestimmtheit weifs, dafs mindestens zwei solche graue Schwefelmetalle in diesem Dolomit vorhanden sind, für das eine, das wir gleich näher kennen lernen werden, beizubehalten.

Im Januarheft dieser Annalen erschien eine sehr ausführliche Abhandlung über die Mineralien im Dolomit des Binnenthals von Hrn. Sartorius von Waltershausen, in welchen sogar drei solche graue Schwefelmetalle unter den Namen Dufrénoysit, Skleroklas und Arsenomelan unterschieden werden [1]). — Aufserdem erwähnte Hr. v. Waltershausen in dieser Abhandlung ein dem Adular nahestehendes Mineral, dessen qualitative Bestandtheile, Kie-

1) In einer Bemerkung zu der eben erwähnten Arbeit des Hrn. v. Waltershausen von mir schlich sich ein Mifsverständnifs der drei Namen Dufrénoysit, Skleroklas und Arsenomelan ein, von dem aber die vorliegende Arbeit befreit ist. Da jene Bemerkung blofs eine Hinweisung auf diese Arbeit war, so wird es nicht nöthig seyn, jenes Mifsverständnifs hier besonders aufzuklären.

selsäure, Thonerde, Kalk, Magnesia, Natron, Baryt, Schwefelsäure und Wasser seyn sollten, und für welchen er den Namen Hyalophan vorschlug.

Grofses Interesse sowohl für den Hyalophan, als für die von mir wegen Mangels an vollkommenen Krystallen noch nicht vollständig untersuchten grauen Schwefelmetalle veranlafsten mich, verflossenen Sommer wieder nach dem Binnenthal zu reisen, und mir die erwähnten Mineralien in grofser Menge und möglichster Vollkommenheit zu verschaffen. Die an dem erhaltenen Material angestellten Beobachtungen und Messungen sollen in dieser Arbeit mitgetheilt werden. — Mit den chemischen Analysen ist Hr. Stockar-Escher in Zürich gegenwärtig noch beschäftigt, daher sie hier nicht gleich mit bekannt gemacht werden können.

1. Dufrénoysit.

Darüber ist kein Zweifel, dafs in unserem Dolomit ein dunkelgraues, fast schwarzes Schwefelmetall vorkommt, welches dem regulären System angehört. Hr. Damour, Hr. v. Waltershausen und ich haben solche reguläre Krystalle gefunden, und, wenn ich hier noch einen Augenblick bei demselben verweile, so geschieht es deswegen, weil die ganze Ausbildung des Dufrénoysit und die grofse Mannigfaltigkeit seiner Flächen bisher noch nicht bekannt war.

Hr. Damour und Hr. v. Waltershausen erwähnen nur Granatoëder- und Leucitoëder-Flächen. Eben so häufig scheinen aber auch die Würfelflächen vorzukommen; wenigstens sind sie an allen Krystallen, die ich gesehen, und zwar meist vorherrschend ausgebildet, so dafs die Granatoëder-Flächen als Abstumpfungen ihrer Kanten erscheinen. Eben so finden sich fast an allen Krystallen die Leucitoëderflächen als Abstumpfungen der Granatoëder-Kanten, wie wir diefs in Fig. 15 u. 16 Taf. I sehen, oder, wenn die Granatoëderflächen sehr klein sind, als dreiflächige Zuspitzung der Würfelecken, ähnlich den bekannten Analcimkrystallen. Fig. 17 Taf. I stellt einen solchen Krystall dar, bei dem

aber die dritte Leucitoëder-Fläche in der Zuspitzung der Würfelecke kleiner ausgebildet ist, als die beiden anderen. Viel seltener, als die bis dahin erwähnten Flächen ist das Octaëder; ich habe dasselbe unter etwa 25 Krystallen blofs an dreien bemerkt. Einer dieser drei Krystalle ist in Fig. 15 Taf. I dargestellt, und zeigt aufser der Octaëderfläche noch eine andere seltene Fläche. In Fig. 15 sind an der vorderen Ecke rechts blofs zwei Granatoëderkanten durch die Leucitoëderflächen abgestumpft, die dritte nicht; die Octaëderfläche erscheint daher nicht als gleichseitiges Dreieck, wie diefs der Fall seyn müfste, wenn die dritte Leucitoëderfläche auch ausgebildet wäre, sondern als Rhombus, parallele Kanten bildend je mit einer Granatoëder- und einer Leucitoëderfläche.

An demselben Krystall Fig. 15 bemerken wir noch die Kanten, welche zwei Leucitoëderflächen (oben vorn links, und hinten rechts) mit der Würfelfläche bilden, abgestumpft durch Flächen, die einem niedrigen Leucitoïd angehören. Der Krystall, der hier dargestellt ist, sitzt auf dem Dolomit auf, daher auch die untere Hälfte gar nicht gezeichnet ist. Ebenfalls Flächen eines niedrigen Leucitoïds, als Abstumpfung der Kanten zwischen Leucitoëder und Würfel, habe ich auch bemerkt, und gemessen an einem andern, freien Krystall, den ich der gütigen Mittheilung des Hrn. Domherr Rion in Sitten zu verdanken hatte. Wahrscheinlich werden nicht zwei verschiedene niedrige Leucitoïde am Dufrénoysit vorkommen; in dieser Vermuthung brach ich wenigstens den in Fig. 15 gezeichneten Krystall nicht zu einer besonderen Messung vom Dolomit los. Die erwähnte Messung am Krystall des Hrn. Rion liefs sich mit Genauigkeit ausführen, indem alle Flächen dieser Dufrenoysit-Krystalle fast ohne Ausnahme vollkommen hell und klar spiegeln. Ich fand die Neigung der Fläche des niedrigen Leucitoïds zur Würfelfläche:

$$= 166^\circ\ 51'$$

woraus die Neigung dieser Fläche zu derjenigen Axe, welche sie im kürzesten Abschnitt schneidet, folgt:

$$= 76^\circ\ 51'$$

Die Tangente dieses Winkels ist $= 4{,}28032$; die Tangente der Neigung des gewöhnlichen Leucitoëders ($a : a : \frac{1}{2} a$) zu jener Axe ist $= \sqrt{2}$; es ist aber:

$$\frac{4{,}28032}{\sqrt{2}} = 3{,}02664,$$

d. h. es hat unser niedriges Leucitoïd die dreifach stumpfere Neigung des Leucitoëders zu jener Axe, erhält somit das Zeichen:

$$a : a : \tfrac{1}{6} a.$$

Wiederum eine neue Fläche zeigt uns der in Fig. 16 dargestellte Krystall; an diesem sind nämlich noch zwei Leucitoëder-Kanten (— und zwar wären es am vollständig ausgebildeten Leucitoëder die kürzeren Kanten —) gerade abgestumpft durch die Flächen eines Pyramidenoctaëders. Es ist diefs, wie vom Granat her bekannt, das Pyramidenoctaëder:

$$a : a : \tfrac{3}{2} a$$

Es sind also jetzt am Dufrénoysit folgende Flächen beobachtet:

Octaëder:	$a : a : a$
Würfel:	$a : \infty a : \infty a$
Granatoëder:	$a : a : \infty a$
Leucitoëder:	$a : a : \frac{1}{2} a$
Niedriger Leucitoïd:	$a : a : \frac{1}{6} a$
Pyramidenoctaëder:	$a : a : \frac{3}{2} a$.

Da diese Flächen meist sehr ungleichmäfsig ausgebildet sind, und die Krystalle selten die Gröfse eines Stecknadelknopfs übersteigen, so ist es oft nicht leicht, dieselben richtig aufzufassen. Auch hier, wie in allen anderen Fällen, waren mir die Zonen der sicherste Leiter.

Der Bruch des Dufrénoysit ist ganz muschlig; die Farbe des frischen Bruchs schwarz, und wie Hr. v. Waltershausen bereits bemerkt, mehr ins Bräunliche, als ins Graue übergehend; der Strich kirschroth; die Härte entschieden über der des Flufsspath; von Flufsspath läfst er sich nicht ritzen, wohl aber von Apatit. Es ist ferner der Dufrénoysit sehr spröde, wenn auch vielleicht nicht in dem Maafse, wie das nachher zu betrachtende ähnliche Schwefel-

metall, der Binnit. — Nach der in der Abhandlung des Hrn. v. Waltershausen enthaltenen Analyse des Hrn. Uhrlaub würde der Dufrénoysit wesentlich Schwefelkupfer und Schwefelarsenik, dagegen sehr wenig Blei enthalten; die von Hrn. Damour mitgetheilte Analyse wäre also nicht an dem regulären Dufrénoysit ausgeführt worden, sondern an dem Binnit. — Hr. v. Waltershausen giebt noch das specifische Gewicht des Dufrénoysit als Mittel aus drei Wägungen zu 4,477 an, und es soll der Dufrénoysit im specifischen Gewicht bedeutend verschieden seyn vom Binnit, indem jener fast um eine Einheit leichter wäre. In Zürich konnte aus Mangel an Material keine Bestimmung des specifischen Gewichts, noch viel weniger eine Analyse des Dufrénoysit gemacht werden. Die 10 bis 12 ganz reinen Krystalle, die ich aus Binnen mitbrachte (— alle anderen sind mit Schwefelkies oder Realgar so verwachsen, daſs sie nie zur Bestimmung des specifischen Gewichts, oder einer Analyse tauglich wären —) würden zusammen gewiſs kein halbes Gramm wiegen.

2. Binnit.

Neben dem Dufrénoysit erkennt man im Dolomit des Binnenthals leicht ein zweites stahlgraues bis schwarzes Schwefelmetall, das, stets in Säulen bis spitzen Nadeln vorkommend, parallel der verticalen Säulenkante starke Streifung zeigt. Diese constante Ausbildung zur Säule, so wie die Streifung in bloſs Einer Richtung lassen schon mit Sicherheit darauf schlieſsen, daſs das Mineral nicht dem regulären System angehöre.

Endigungsflächen sind sehr selten, und oft ist es, wenn diese noch vorkommen, wie auch schon Hr. v. Waltershausen bemerkt, rein unmöglich, den Krystall unversehrt vom Dolomit zu trennen. Der Binnit ist so spröde, daſs er oft, wenn man noch so vorsichtig ihn vom Dolomit zu trennen versucht, beim geringsten Stoſs, der das Gestein trifft, selbst in tausend kleine Stücke zerspringt. Ja, es ist mir im Binnenthal selbst mehr als einmal vorgekommen,

dafs, wenn ich Dolomitstücke, die eben erst aus dem Fels gesprengt worden waren, ruhig auf der Hand hielt und im Licht der Sonne betrachtete, die aufsitzenden Binnit-Krystalle unter lautem Knistern zersprangen, und in vielen kleinen Stücken gewaltsam weggeschleudert wurden.

Die Farbe ist, wie bereits bemerkt, bald heller bald dunkler grau bis schwarz; der Bruch vollkommen muschlig, so dafs ich die dunklere Varietät des Binnit an Bruch und Farbe nicht sicher vom Dufrénoysit zu unterscheiden vermöchte. Der dunklere wie der hellere Binnit hat ein dunkler rothes Pulver als der Dufrénoysit, so dafs, wie ich glaube, wo man es nicht mit deutlichen Krystallen zu thun hat, der Strich am leichtesten Dufrénoysit von Binnit unterscheiden läfst.

Die deutlich ausgebildeten und mit Endflächen versehenen Krystalle, die ich gefunden habe, sind in Fig. 18 und 19 Taf. I dargestellt. Fig. 18 zeigt uns eine symmetrische Säule mit Abstumpfung der beiderlei Säulenkanten, gerade Endfläche, zweites und drittes zugehöriges Paar; es gehört also der Krystall entschieden dem 2 und 2gliedrigen Systeme an. Es stimmt dieser Krystall vollkommen mit dem von Hrn. v. Waltershausen in seiner Figur 9 dargestellten überein. Leider konnte ich aber diesen in Fig. 18 Taf. I dargestellten Krystall nicht messen, weil die Flächen nicht frisch, sondern gelbgrünlich angelaufen, vielleicht mit einer dünnen Haut einer fremden Substanz überzogen sind. Ich habe den Krystall hier blofs deswegen gezeichnet, weil ich glaube, an demselben ziemlich sicher beobachtet zu haben, dafs die Fläche aus der Verticalzone des dritten Paars beim Durchschnitt mit der Fläche aus der Verticalzone des zweiten eine Kante bildet, welche parallel ist dem Durchschnitt der Fläche aus der Verticalzone des dritten mit der Säule, d. h. dafs diese drei Flächenpaare wirklich drei zusammengehörige Paare sind. Diefs tritt in der Zeichnung des Hrn. v. Waltershausen nicht hervor, weil dort die Fläche *a* nicht mit der Säule zum Durchschnitt kommt. Im Text nimmt indefs Hr. v. Walters-

hausen wirklich an (ohne dafs es übrigens durch eine Messung bewiesen wäre), dafs die Säule und die Flächen *a* und *b* drei zusammengehörige Paare seyen, indem er dieselben S. 124 mit den Zeichen $\bar{P}\infty$, $\breve{P}\infty$ und ∞P bezeichnet.

An einigen in Fig. 19 Taf. I dargestellten Krystallen habe ich aber Messungen wirklich ausführen können. Fig. 19 Taf. I zeigt uns eine symmetrische Säule mit Abstumpfung der einen Säulenkante; ob diefs die stumpfe oder scharfe Säulenkante sey, kann ich nicht sagen, indem ich an keinem Krystall die Neigung der Abstumpfung der Säulenkante zur Säulenfläche habe messen können; die Streifung ist stets so stark, dafs ich nie von einer Säulenfläche ein einfaches Bild erhielt. — Zu dieser Säule, und Abstumpfung der einen Säulenkante treten nun, auf letztere gerad aufgesetzt, vier Flächen aus einer Verticalzone; ob diefs die Verticalzone des zweiten oder dritten Paares sey, wissen wir natürlich auch nicht. Diese vier Flächen sind in Fig. 19 Taf. I bezeichnet mit h', h'', h''', h^{iv}, und die Abstumpfung der Säulenkante mit *a*. Am ersten Binnit-Krystall, an dem ich Messungen ausführte, waren die Abstumpfungsfläche der Säulenkante, und die Fläche h' so klein, dafs sie keine Messungen zuliefsen. Die drei anderen Flächen aus der Verticalzone ergaben folgende Neigungen:

$$h'' : h''' = 168^\circ\ 23'$$
$$h''' : h^{iv} = 163\ \ 15$$

die Flächen der hinteren Seite waren gar nicht ausgebildet.

Am zweiten Krystall, den ich zu Messungen benutzte, waren die Abstumpfung der Säulenkante vorn und hinten, die drei Flächen h'', h''', h^{iv} vorn und h''' hinten, ausgebildet, und es konnten folgende Messungen ausgeführt werden.

$$h'' : h''' = 168^\circ\ 28'$$
$$h''' : h^{iv} = 163\ \ \ 6$$
$$h''' : h''' = 102\ \ 27$$
$$h''' : a = 128\ \ 46.$$

Es darf nicht auffallen, dafs die Neigung von h''' vorn zu h''' hinten, und nicht von h^{iv} vorn zu h''' hinten gemes-

sen wurde; h''' spiegelte nämlich klarer als h^{v}, und h^{v} war an diesem Krystall so klein ausgebildet, dafs die Anwesenheit dieser Fläche auf die Messung der Neigung $h''':h'''$ ohne schädlichen Einflufs blieb. Auch h'' war klein, und spiegelte nicht so deutlich wie h''', daher auch der Winkel $a:h'''$, und nicht $a:h''$ gemessen wurde. Die von der Fläche a gespiegelte Fenstersprosse erschien allerdings nicht als vollkommen gerade Linie, sondern etwas gebogen, indem an der Streifung der Säule meist auch die Abstumpfungsfläche der Säulenkante etwas Antheil nimmt.

Am dritten mefsbaren Krystall waren blofs zwei Flächen aus der Verticalzone ausgebildet, h''' und h^{v}, und ich fand deren Neigung:

$$h''' : h^{v} = 163^\circ\ 8'.$$

Am vierten Krystall endlich waren die Abstumpfungsfläche der Säulenkante, und die Flächen h', h'', h''' aber nur auf der vorderen Seite ausgebildet, und ergaben folgendes Resultat:

$$\begin{aligned} h' : a &= 148^\circ\ \ 8' \\ h'' : h''' &= 168\ \ \ 30 \\ h' : h'' &= 172\ \ \ 16. \end{aligned}$$

Aufser diesen vier Krystallen hatte ich noch einige, an denen neben verschiedenen Flächen aus der Verticalzone auch die gerade Endfläche ausgebildet war, und endlich einen Krystall, der eine Octaëderfläche zeigte, aus der Diagonalzone einer der Flächen h' oder h''; beide Flächen h' und h'' sind an diesem Krystall ausgebildet, aber so klein, dafs ich nicht sicher beobachten konnte, in die Diagonalzone welcher von beiden jene Octaëderfläche gehört. Auf die Säulenfläche ist diese Octaëderfläche schief aufgesetzt, und würde mit der zweiten, wenn dieselbe ausgebildet wäre, nach oben divergirende Kanten bilden, daher in ihrem Ausdruck $a:nb:mc$ n jedenfalls ein unächter Bruch seyn wird, wenn wir die Säule selbst mit $a:b:\infty c$ bezeichnen. Alle die letzt erwähnten Krystalle liefsen sich aber nicht messen.

Kehren wir nun zu den Messungen zurück, so folgt

beim zweiten Krystall aus der Neigung $h''' : a = 128^\circ\ 46'$ die Neigung der Fläche h''' zur verticalen Axe $c = 51^\circ\ 14$ also für die Neigung der vorderen Fläche h''' zur hinteren Fläche h''' der Winkel $102^\circ\ 28'$, was über Erwarten mit der an demselben Krystall angestellten Messung $102^\circ\ 27'$ übereinstimmt. Wir bleiben bei der Neigung:

$$h''' : a = 128^\circ\ 46.$$

Für die Neigung von $h''' : h''$ geben uns der erste, zweite und vierte Krystall die Winkel $168^\circ\ 23'$, $168^\circ\ 28'$ und $168^\circ\ 30'$; wählen wir als Mittel den Winkel $128^\circ\ 27'$, so folgt aus diesem Winkel, verglichen mit der Neigung $h''' : a = 128^\circ\ 46'$, folgender Neigungswinkel für h'' zur Abstumpfung der Säulenkante:

$$h'' : a = 140^\circ\ 19'.$$

Für die Neigung $h' : a$ giebt uns die Messung am vierten Krystall den Werth $148^\circ\ 8'$. Eine Controle dieser Messung finden wir in der bereits gefundenen Neigung $h'' : a = 140^\circ\ 19'$, verglichen mit der am vierten Krystall angestellten Messung $h' : h'' = 172^\circ\ 16'$. Aus diesen beiden Neigungen geht nämlich für die Neigung $h' : a$ der Werth hervor $148^\circ\ 3'$. Von diesen beiden Werthen wählen wir den nahe in der Mitte liegenden:

$$h' : a = 148^\circ\ 6'.$$

Nun bleibt blofs noch die Neigung $h^{\text{v}} : a$ zu bestimmen übrig; die Messungen am ersten, zweiten und dritten Krystall geben uns für die Neigung $h''' : h^{\text{v}}$ die Werthe $163^\circ\ 15'$, $163^\circ\ 6'$, $163^\circ\ 8'$; als Mittel wählen wir den Werth $h''' : h^{\text{v}} = 163^\circ\ 10'$; aus diesem Winkel, verglichen mit der bereits festgestellten Neigung $h''' : a = 128^\circ\ 46'$, folgt aber

$$h^{\text{v}} : a = 111^\circ\ 56'.$$

Die Neigungen der vier Flächen h', h'', h''', h^{v} zur Horizontal-Ebene sind also:

58°	6′
50	19
38	46
21	56

und die Tangenten dieser Winkel sind:

1,60657
1,20522
0,803063
0,402673,

diese Tangenten verhalten sich sehr nahe, wie die Zahlen:

4 : 3 : 2 : 1

d. h. dieselben erhalten, wenn wir von der Fläche h''', welche in der Regel am stärksten ausgebildet ist, ausgehen, und annehmen, dafs die Axe dieser Verticalzone die Krystallaxe b sey, folgende Zahlen:

$$h' = a : \infty b : 2c$$
$$h'' = a : \infty b : \tfrac{3}{2} c$$
$$h''' = a : \infty b : c$$
$$h^{IV} = a : \infty b : \tfrac{1}{2} c.$$

Aufserdem haben wir folgende Flächen am Binnit kennen gelernt:

Abstumpfung beider Säulenkanten:	$a : \infty b : \infty c$ $\infty a : b : \infty c$	
Gerade Endfläche:	$\infty a : \infty b : c$	
Octaëderfläche: oder	$a : nb : 2c$ $a : nb : \tfrac{3}{2} c$	je nachdem sie in die Diagonalzone von h' oder h'' fällt,

und endlich das zu der Säule, und einer der Flächen h', h'', h''', h^{IV} zugehörige dritte Paar:

$$\infty a : b : nc$$

wobei also n einen der vier Werthe 2, $\tfrac{3}{2}$, 1 oder $\tfrac{1}{2}$ haben wird.

Vergleichen wir nun noch die eben mitgetheilten Messungen mit denen von Hrn. v. Waltershausen.

Ich kann nicht wissen, ob die von mir gemessenen Flächen in die Verticalzone der Fläche a, oder der Fläche b in der Figur des Hrn. v. Waltershausen gehören, will daher versuchen, ob die Fläche a oder b mit einer meiner Flächen h', h'', h''' oder h^{IV} zusammenfallen.

Angenommen zuerst, die Fläche a würde derselben Verticalzone angehören, wie meine Flächen h; nun ist nach dem von Hrn. v. Waltershausen S. 124 angegebenen

Axenverhältnifs die Tangente der Neigung dieser Fläche *a* zur Horizontalebene:

$$=0,63385.$$

Diese Tangente stimmt nicht mit der Tangente einer der vier Flächen h', h'', h''', h^{IV} überein.

Angenommen zweitens, die Fläche *b* würde derselben Verticalzone angehören, wie meine Flächen *h*; die Tangente der Neigung dieser Fläche *b* zur Horizontalebene ist nach dem dort angegebenen Axenverhältnifs:

$$=\frac{0,63385}{0,96948}=0,65380.$$

Auch dieser Werth stimmt nicht mit einem für die vier Flächen h', h'', h''', h^{IV} gefundenen Werthe.

Nun wäre es aber noch möglich, dafs die Fläche *a* oder *b* eine andere von mir nicht beobachtete Fläche aus der Verticalzone meiner Flächen *h* wäre; dann müfste eine der Zahlen 0,63385 oder 0,65380 in einem einfachen rationalen Verhältnifs zu den für die Flächen *h* gefundenen Tangenten-Werthen stehen. Stellen wir dieselben noch einmal neben einander:

$$1,60657:1,20522:0,803063:0,63385:0,402673=4:3:2:x:1$$
$$1,60657:1,20522:0,803063:0,65380:0,402673=4:3:2:x:1.$$

In keinem der beiden Fälle liegt ein einfacher rationaler Werth für x nahe; ich mufs also entweder meine Messungen an einem anderen Mineral ausgeführt haben, als Hr. v. Waltershausen, oder es müssen auf der einen oder anderen Seite Rechnungsfehler vorgekommen seyn.

Für den ersten Fall scheint der Umstand zu sprechen, dafs Hr. v. Waltershausen selbst aufser dem Dufrénoysit noch zwei verschiedene »Grauerze« in unserem Dolomit annimmt, und dieselben mit den Namen Skleroklas und Arsenomelan bezeichnet. Ich mufs gestehen, dafs ich durch keinen Umstand zur Annahme noch zweier verschiedener grauer Schwefelmetalle aufser dem Dufrénoysit geführt worden bin. Denn die verschiedenen Nüancen der Farbe von stahlgrau bis eisenschwarz konnten mich doch nicht an zwei verschiedene Mineralien denken lassen, um

so weniger, als auch das Löthrohrverhalten dieser dunkleren und helleren Varietät nach der oben erwähnten Arbeit des Hrn. Wiser dasselbe ist. Auch Sprödigkeit, Streifung und Strich ist bei all den von mir untersuchten Binnit-Krystallen, helleren wie dunkleren, ganz gleich.

Die Differenz unserer Messungen ist allerdings auffallend. Ich will es übrigens dem Urtheil bewährter Mineralogen und Chemiker überlassen, zu entscheiden, ob man zur Erklärung der vorliegenden Differenzen seine Zuflucht zu dem von Hrn. v. Waltershausen schon früher der Wissenschaft vorgeschlagenen Gruppenisomorphismus nehmen dürfe, oder nicht.

Zum Schlufs der Betrachtung dieser bis jetzt blofs im Dolomit des Binnenthals gefundenen Mineralien, will ich noch eines ebenfalls in diesem Dolomit gefundenen Krystalls erwähnen, von dem ich mir noch nicht befriedigende Rechenschaft geben kann. Es ist diefs ein stumpfes Quadratoctaëder mit Metallglanz, von speisgelber Farbe, ganz ähnlich der des Schwefelkies. Der Krystall ist zu klein, als dafs er gemessen werden könnte, er kann blofs mit der Loupe als Quadratoctaëder erkannt werden. Man möchte auf die Vermuthung kommen, dafs es wirklich nichts Anderes als ein reguläres Octaëder von Schwefelkies sey. Allein die Neigung der Octaëderflächen in den horizontalen Kanten ist so scharf, dafs keine Verwechslung mit Schwefelkies möglich ist.

Wie bereits bekannt, kommt in diesem Dolomit auch Rutil vor, und zwar habe ich mehrere deutliche schwarze Rutilkrystalle gefunden, an denen die Säulenflächen, im Gegensatz zu dem gewöhnlichen Vorkommen, nur ganz kurz ausgebildet sind, so dafs je zwei Octaëderflächen sich fast in horizontalen Kanten berühren. Ich bin daher auf den Gedanken gekommen, der erwähnte Krystall möchte ein Rutil seyn, dessen Flächen entweder mit Schwefelkies überzogen, oder irgendwie zersetzt wären.

Bei der grofsen Anzahl seltener Mineralien im Dolomit

des Binnenthals wäre es aber immerhin möglich, dafs ich damit wieder einem neuen Mineral auf die Spur gekommen wäre, deswegen ich diese Beobachtung nicht zurückhalten wollte. — An weiteren Nachforschungen soll es nicht fehlen.

3. Adular.

Auch der Adular im Dolomit des Binnenthals ist zuerst von Lardy erwähnt worden in der oben erwähnten Abhandlung. Er ist in demselben nicht selten; sowohl seine Krystallform, als seine physikalischen Eigenschaften, wie z. B. der sehr vollkommen blättrige Bruch parallel der vorderen Schiefendfläche, der minder vollkommene parallel der Abstumpfung der scharfen Säulenkante, Streifung parallel der verticalen Säulenkante u. s. w., liefsen in mir keinen Zweifel aufsteigen, dafs diefs nicht ein ganz reiner Adular sey. Hr. v. Waltershausen giebt uns aber die Beschreibung eines neuen Minerals, das er Hyalophan nennt, das Kieselerde, Thonerde, Kalk, Magnesia, Natron, Baryt, Schwefelsäure und Wasser enthält, in Härte wenig, im specifischen Gewicht um etwa mehr als zwei Zehntheile von Adular verschieden ist, in der Krystallform aber ganz mit dem Adular übereinstimmt (denn die von Hrn. v. Waltershausen gegebenen Messungen machen bei den grofsen Schwankungen, die der Feldspath in den Neigungen seiner Flächen überhaupt zeigt, keine Trennung des Hyalophan von Adular nothwendig). Entscheidend wäre allerdings die chemische Zusammensetzung.

Schwefelsäure soll der Hyalophan 2,28 Proc. enthalten, eine Quantität, die sich mit Sicherheit durch das Löthrohr nachweisen liefse. Ich untersuchte 7 verschiedene Krystalle vor dem Löthrohr; alle enthielten kleine Partien von eingeschlossenem Schwefelkies, mufsten daher in kleine Stückchen zerschlagen, und diese alle genau mit der Loupe untersucht werden. Erst nachdem ich so sicher war, reines Material zu haben, wurde dasselbe pulverisirt, und mit Soda geschmolzen, färbte aber nach der Schmelzung das Silber

nicht im mindesten braun, und zwar nicht einmal bei den sieben verschiedenen Löthrohrversuchen.

So wie der Adular Schwefelkies eingeschlossen enthält, so ist er oft mit Bitterspath und Schwerspath verwachsen. Wenn der Hyalophan wirklich existirt, und nicht etwa ein Adular mit Beimengung jener drei Mineralien von Hrn. Uhrlaub analysirt worden ist, so muſs derselbe jedenfalls höchst selten vorkommen, da ich unter dem groſsen Vorrath von Dolomit, den ich aus dem Binnenthal mitgebracht, nicht Einen Hyalophan gefunden habe.

XIII. *Ueber die Ringsysteme der zweiaxigen Krystalle; von* Paul Zech,

Repetent an der polytechnischen Schule in Stuttgart.

Wenn in Einer Ebene schwingendes homogenes Licht auf einen zweiaxigen Krystall fällt und nach dem Austritt wieder gezwungen wird, in Einer Ebene zu schwingen, so beobachtet man ein System dunkler Curven. Ist der Krystall senkrecht zu der im kleineren Winkel der optischen Axen enthaltenen Elasticitätsaxe geschliffen, so haben die Curven Aehnlichkeit mit Lemniscaten, und man findet auch Lemniscaten, wenn man die Winkel der zwei gebrochenen Strahlen vernachlässigt und die Distanz der Spur einer optischen Axe in einer Gränzfläche des Krystalls von der Spur eines Strahls in derselben Fläche dem Sinus des Winkels beider Geraden proportional setzt (*Moigno répertoire d'optique moderne I. p.* 260).

Je gröſser der Winkel der optischen Axen ist, desto fehlerhafter ist diese Annäherung. Ich suche daher im Folgenden die Curven mathematisch genau zu bestimmen.

Ein Strahl JO falle auf die untere Gränzfläche eines Krystalls in O. Wäre der Krystall nicht vorhanden, so

würde sich die auf JO senkrechte ebene Welle von O aus in der Zeiteinheit um u, die Geschwindigkeit des Lichts im umgebenden Mittel, fortpflanzen, und nach der Zeiteinheit in einer Geraden, deren Projection auf die Einfallsebene ein Punkt C ist, die untere Gränzfläche schneiden. Da aber der Krystall vorhanden ist, so theilt sich die Welle in zwei gebrochene, die nach der Zeiteinheit durch die in C projicirte Gerade gehen und die um O als Mittelpunkt beschriebene Wellenfläche berühren. Die Berührungspunkte seyen M und M', die Schnittpunkte der gebrochenen Strahlen OM und OM' mit der oberen Gränzfläche des Krystalls seyen Q und Q'. Die austretenden Strahlen sind dann Parallelen mit JO durch Q und Q', und ihre Phasendifferenz ist zunächst zu bestimmen.

OQ sey der stärker gebrochene Strahl; man fälle von Q' die Senkrechte $Q'A$ auf den in Q austretenden Strahl, dann ist die Phasendifferenz in Zeit:

$$\Delta = \frac{QA}{u} + \frac{OQ}{OM} - \frac{OQ'}{OM'}.$$

Durch QA lege man eine Ebene parallel der Einfallsebene und projicire Q' auf dieselbe nach Q'', ziehe in der Einfallsebene durch C eine Parallele mit JO und fälle auf sie die Senkrechte OB; dann sind die Dreiecke QAQ'' und CBO ähnlich und man hat:

$$\frac{QA}{u} = \frac{QA}{CB} = \frac{QQ''}{CO}.$$

QQ'' ist der Projection von QQ' auf die Einfallsebene gleich. Es seyen QP und $Q'P'$ die Senkrechten von Q und Q' auf die (zur Einfallsebene senkrechten) Spuren der gebrochenen Wellen in der oberen Gränzebene des Krystalls, und ε der Abstand beider; dann ist:

$$QQ'' = \varepsilon + Q'P' - QP,$$

aber es ist:

$$\frac{Q'P'}{OC} = \frac{Q'M'}{OM'} \text{ und } \frac{QP}{OC} = \frac{QM}{OM},$$

man hat also:

$$\Delta = \frac{\varepsilon}{OC} + \frac{Q'M'}{OM'} - \frac{QM}{OM} + \frac{OQ}{OM} - \frac{OQ'}{OM'} = \frac{\varepsilon}{OC}.$$

Die Elasticitätsaxen seyen die Coordinatenaxen, das Elasticitätsellipsoïd habe die Gleichung:

$$a^2 x^2 + b^2 y^2 + c^2 z^2 = 1 \qquad (c > b > a).$$

Die untere Gränzebene des Krystalls sey $z=0$, die obere $z=d$; die in C projicirte Gerade habe die Gleichung:

$$mx + ny = 1.$$

Legt man durch diese Gerade eine Ebene:

$$mx + ny + pz = 1,$$

so berührt sie die Wellenfläche:

$$(x^2+y^2+z^2)(a^2x^2+b^2y^2+c^2z^2) - a^2(b^2+c^2)x^2$$
$$- b^2(c^2+a^2)y^2 - c^2(a^2+b^2)z^2 + a^2b^2c^2 = 0,$$

wenn ihr Pol in Beziehung auf das Ellipsoïd:

$$\frac{x^2}{bc} + \frac{y^2}{ca} + \frac{z^2}{ab} = 1$$

auf der Wellenfläche liegt (siehe *Lamé, Leçons sur la théorie de l'élasticité p.* 247).

Nun ist der Pol jener Ebene für das Ellipsoïd:

$$x' = mbc \qquad y' = nca \qquad z' = pab.$$

Er liegt auf der Wellenfläche, man hat daher:

$$(b^2c^2m^2 + c^2a^2n^2 + a^2b^2p^2)(m^2+n^2+p^2) - (b^2+c^2)m^2$$
$$- (c^2+a^2)n^2 - (a^2+b^2)p^2 + 1 = 0.$$

Setzt man:

$$N = c^2(b^2m^2+a^2n^2) + a^2b^2(m^2+n^2) - (a^2+b^2)$$

und $P = [c^2(m^2+n^2) - 1][b^2m^2 + a^2n^2 - 1]$,

so ist:

$$2a^2b^2p^2 = -N \pm \sqrt{N^2 - 4a^2b^2P}.$$

Von den 4 Werthen von p brauchen wir nur die positiven p_1 und p_2, denn die dadurch bestimmten Ebenen allein schneiden die positive Axe der z, berühren also die Wellenfläche innerhalb des Krystalls.

Die Spuren der zwei Berührungsebenen in der oberen Gränzebene des Krystalls sind:

$$mx + ny = 1 - p_1 d \qquad mx + xy = 1 - p_2 d$$

man hat also:

$$\varepsilon = \frac{1-p_1 d}{\sqrt{m^2+n^2}} - \frac{1-p_2 d}{\sqrt{m^2+n^2}} = d\,\frac{p_2-p_1}{\sqrt{m^2+n^2}} = d(p_2-p_1).OC,$$

woraus:

$$\varDelta = (p_2-p_1)d$$

$$\left[N + a^2 b^2 \frac{\varDelta^2}{d^2}\right]^2 = 4a^2 b^2 P.$$

Ist aber i der Einfallswinkel, w das von der positiven Axe der x gegen die positive der y gezählte Azimuth des einfallenden Strahls, so ist

$$m = \frac{1}{u}\sin i \cos w, \qquad n = \frac{1}{u}\sin i \sin w.$$

Führt man ferner die Hauptbrechungsquotienten ein, nämlich:

$$\frac{u}{a} = \alpha \quad \frac{u}{b} = \beta \quad \frac{u}{c} = \gamma \qquad (\alpha > \beta > \gamma)$$

und drückt $\varDelta$ in Wellenlängen aus, ähnlich:

$$\varDelta = \frac{n\lambda}{u},$$

so erhält man zwischen i und w die Beziehung:

$$0 = \left[\gamma^2 \sin^2 i + (\alpha^2\cos^2 w + \beta^2 \sin^2 w)\sin^2 i - \gamma^2(\alpha^2+\beta^2) + \gamma^2 n^2 \frac{\lambda^2}{d^2}\right]^2$$
$$-4\gamma^2(\sin^2 i - \gamma^2)\left[(\alpha^2\cos^2 w + \beta^2\sin^2 w)\sin^2 i - \alpha^2\beta^2\right].$$

Dieser Gleichung kann man die Form geben:

$$0 = [(\alpha^2-\gamma^2)\sin^2 i\cos^2 w + (\beta^2-\gamma^2)\sin^2 i \sin^2 w + \gamma^2(\alpha^2-\beta^2)]^2$$
$$-4(\alpha^2-\gamma^2)\gamma^2(\alpha^2-\beta^2)\sin^2 i\cos^2 w + \gamma^4 n^4 \frac{\lambda^4}{d^4}$$
$$+2\gamma^2 n^2 \frac{\lambda^2}{d^2}\Big[(\alpha^2+\gamma^2)\sin^2 i \cos^2 w$$
$$+(\beta^2+\gamma^2)\sin^2 i \sin^2 w - \gamma^2(\alpha^2+\beta^2)\Big].$$

Setzt man für n einen bestimmten Werth, so sind damit eine Reihe von Strahlen bestimmt, denen diese Phasendifferenz zukommt. Legt man sie alle durch das Auge, so erhält man einen Strahlenkegel, und schneidet man diesen durch eine den Gränzebenen des Krystalls parallele Ebene in der Entfernung f vom Auge, so kann man, so lange i klein ist, für die Coordinaten des Schnitts setzen:

$$x = f\sin i\cos w, \quad y = f \sin i \sin w$$

und man hat als Gleichung des Schnitts:

$$0=[(\alpha^2-\gamma^2)x^2+(\beta^2-\gamma^2)y^2+f^2\gamma^2(\alpha^2-\beta^2)]^2$$
$$-4f^2\gamma^2(\alpha^2-\beta^2)(\alpha^2-\gamma^2)x^2=2f^2\gamma^2n^2\frac{\lambda^2}{d^2}[f^2\gamma^2(\alpha^2+\beta^2)$$
$$-(\alpha^2+\gamma)x^2-(\beta^2+\gamma^2)y^2]-f^4\gamma^4n^4\frac{\lambda^4}{d^4}.$$

Je näher $\alpha^2-\gamma^2$ an $\beta^2-\gamma^2$ liegt, d. h. je näher die optischen Axen an der Axe der z liegen, und je kleiner i, also je gröfser f gegen x und y ist, desto näher kommt die Gleichung der Form:

$$(x^2+y^2+p^2)^2-4p^2x^2=q^4$$

was die Gleichung einer *Lemniscate* ist.

Die obige Gleichung für i und w gilt zunächst für negative zweiaxige Krystalle, für positive ist α und γ zu vertauschen.

Ist die Phasendifferenz der Null gleich, so ist:

$$\sin w=0 \qquad \sin i=\pm\gamma\sqrt{\frac{\alpha^2-\beta^2}{\alpha^2-\gamma^2}}$$

in diesem Falle ist $p_1=p_2$, die zwei gebrochenen Wellen fallen zusammen, d. h. jene zwei Strahlen sind diejenigen, welche zur konischen Refraction Anlafs geben, und zwar zur inneren.

Wächst die Phasendifferenz, so erhält man für $n=\frac{1}{2}$ die erste, für $n=\frac{3}{2}$ die zweite u. s. w., für $n=\frac{2k-1}{2}$ die $k$te dunkle Curve.

Für die Curve durch die Mittellinie ist $i=0$ ein Werth der Gleichung, also:

$$n=\frac{d}{\lambda}(\alpha\pm\beta)$$

nur das Minuszeichen hat eine Bedeutung, denn die zwei Strahlen durchlaufen, ohne sich zu trennen, den Weg d mit den Geschwindigkeiten a und b; es ist also: $\varDelta=\frac{d}{a}-\frac{d}{b}$.

Zur Bestimmung der Schnittpunkte der dunklen Curven mit der Ebene der optischen Axen hat man $w=0$, $n=\frac{2k-1}{2}$, also:

$$[(\alpha^2-\gamma^2)\sin^2 i-\gamma^2(\alpha^2-\beta^2)]^2$$
$$+2\gamma^2\left(\frac{2k-1}{2}\right)^2\frac{\lambda^2}{d^2}[(\alpha^2+\gamma^2)\sin^2 i-\gamma^2(\alpha^2+\beta^2)]$$
$$+\gamma^4\left(\frac{2k-1}{2}\right)^4\frac{\lambda^4}{d^4}=0.$$

Sind i' und i'' die daraus folgenden Werthe von i für ein bestimmtes k, und J dasjenige i, welches $n=0$ entspricht, so sind $f\,\mathrm{tg}\,i'$ und $f\,\mathrm{tg}\,i''$ die Abscissen der Schnittpunkte auf der positiven Seite, $f\,\mathrm{tg}\,J$ die Abscisse des Punktes, um den sich die Ringe bilden. Wären die Curven Lemniscaten, so hätte man:

$$\mathrm{tg}^2 i'+\mathrm{tg}^2 i''=2\,\mathrm{tg}^2 J.$$

Wie weit diefs der Fall, zeigen folgende Werthe, welche aus den von Rudberg bestimmten Hauptbrechungsquotienten für Strahlen mittlerer Brechbarkeit berechnet sind:

1) Für eine Arragonitplatte von 0,5 Millim. Dicke. $2\,\mathrm{tg}\,J = 0{,}1505$.

$k=$	1	2	3	4	5
$\mathrm{tg}^2 i'=$	0,0664	0,0492	0,0323	0,0160	0,0000
$\mathrm{tg}^2 i''=$	0,0842	0,1025	0,1211	0,1404	0,1603
$\mathrm{tg}^2 i'+\mathrm{tg}^2 i''=$	0,1506	0,1517	0,1534	0,1564	0,1603

Die optischen Axen schliefsen einen kleinen Winkel ein, die Curven sind nahezu Lemniscaten, um so weniger, je gröfser die Phasendifferenz ist. Die fünfte Curve geht durch die Mittellinie.

2) Für eine Topasplatte von 1,5 Millim. Dicke. $2\,\mathrm{tg}\,J = 1{,}810$.

$k=$	1	2	3	4	5	6
$\mathrm{tg}^2 i'=$	0,791	0,598	0,440	0,310	0,199	0,104
$\mathrm{tg}^2 i''=$	1,031	1,344	1,760	2,344	3,242	4,712
$\mathrm{tg}^2 i'+\mathrm{tg}^2 i''=$	1,822	1,942	2,200	2,654	3,441	4,816

Die optischen Axen schliefsen einen grofsen Winkel ein, die Verschiedenheit von Lemniscaten ist bedeutend, wenn die Phasendifferenz mehrere Wellenlängen beträgt (übrigens auch gerade in dieser Richtung am stärksten).

Die Messungen Herschels stehen mir nicht zu Gebot; ich bin überzeugt, dafs sie an einem Krystall gemacht wur-

den, dessen optische Axen einen kleinen Winkel einschliefsen, wenn die Uebereinstimmung wirklich so grofs ist, wie Moigno sagt (*répertoire pag.* 260) bei der Voraussetzung der Lemniscaten.

Ist der Krystall senkrecht zu einer andern Elasticitätsaxe geschliffen, so darf man in den obigen Formeln nur α oder β mit γ vertauschen. Die Form ändert sich scheinbar, wenn die Strahlen der innern konischen Refraction nicht mehr austreten können. In den Lemniscaten wird dann p^2 negativ, und man könnte sagen, die Brennpunkte derselben werden imaginär. Auf keinen Fall können sie aber auf einmal Curven zweiten Grades werden, wie Moigno *rép. pag.* 355 sagt.

XIV. *Photographirte Spectra; von J. Müller.*

Durch die Untersuchungen von Stokes über Fluorescenz hat die Photographie des Spectrums ein neues Interesse gewonnen, da es sich gezeigt hat, dafs dieselben Strahlen, welche vorzugsweise die Erscheinungen der Fluorescenz hervorrufen auch diejenigen sind, welche am stärksten chemische Wirkungen ausüben. Die chemischen wie die Fluorescenz-erregenden Strahlen gehen noch weit über die violette Gränze des sichtbaren Spectrums hinaus und in dieser Verlängerung des Spectrums zeigen sich Gruppen dunkler Linien, welche den *Fraunhofer'schen Linien* im sichtbaren Theile des Centrums ganz ähnlich sind.

Um die Gruppirung dieser dunklen Linien im unsichtbaren Theil des Spectrums genau darzustellen, giebt es wohl kein besseres Mittel als das Spectrum zu photographiren. Da nun bisjetzt, so viel mir wenigstens bekannt geworden ist, weder eine Photographie des Spectrums selbst, noch eine nach einer solchen ausgeführte genaue Zeich-

nung publicirt worden ist, so versuchte ich in Gemeinschaft mit Hrn. Prof. v. Babo die Photographie des Spectrums auszuführen. Nachdem unsere desfalsigen Versuche die gewünschten Resultate geliefert hatten, veranlafste ich unsern geschickten Photographen Th. Hase, welcher auch für die wissenschaftlichen Beziehungen seiner Kunst ein lebhaftes Interesse zeigt, das Spectrum in gröfserem Maafsstabe zu photographiren, als wie er es bis dahin ausgeführt hatte.

Um das Spectrum zu photographiren wurde es in derselben Weise dargestellt, wie es in meinem Lehrbuch der Physik (4. Auflage, I. Band, S. 436) beschrieben ist und dann direct an die Stelle des Papierschirmes die mit dem photographischen Collodium überzogene Glasplatte gesetzt. Auf diese Weise wurde das Spectrum fünf Mal und zwar bei verschiedener Dauer der Lichteinwirkung (1, 2, 4, 10 und 15 Sekunden) photographirt.

Bei einer Lichteinwirkung von 1″ hatte sich von dem ganzen Spectrum nur der Theil desselben abgebildet, welcher zwischen den Streifen *H* und *G* liegt (man vergleiche die Abbildung des Spectrums auf S. 42 von Beer's Einleitung in die höhere Optik oder auf S. 437 des 1. Bandes meines Lehrbuchs der Physik, 4. Aufl.) und zwar mit allem Detail, d. h. mit allen Fraunhofer'schen Linien, welche sich in diesem Theile des Spectrums befinden; die Lichtwirkung hatte sich nur wenig über die Linien *G* und *H* hinaus erstreckt. Es hatten also nur die violetten und dunkelblauen Strahlen gewirkt, die hellblauen zwischen *G* und *F*, die grünen, die gelben und rothen Strahlen blieben ohne photographische Wirkung.

Bei einer längeren Einwirkung dehnte sich das Spectrum von *G* gegen *F* hin nur sehr wenig aus, dagegen verlängerte sich das Spectrum nach der Seite der ultravioletten für sich unsichtbaren Strahlen hin.

Bei einer Einwirkung von 2 Sekunden wurde diejenige Gruppe dunkler Linien noch sichtbar, welche Stokes mit

l bezeichnet hat. Bei 4″ erschienen die Gruppen *l* und *m*; bei 10″ bildete sich ein Theil der Gruppe *n* ab, welche bei 15″ vollständig nebst einer Spur der Gruppe *p* erschien.

Die Fraunhofer'schen Linien zwischen *G* und *H* wurden am schönsten bei einer Lichteinwirkung von 1 und 2 Sekunden, bei 4″ waren die feineren schon verschwunden; nach einer Lichteinwirkung von 10 und 15 Sekunden waren zwischen *G* und *H* nur am oberen und unteren Rand noch die Spuren dieser Linien zu erkennen, selbst die Linien *H* erschienen schon angegriffen. Die Gruppe *l* ist am schönsten in dem Spectrum von 4″, die Gruppe *m* im Spectrum von 10″.

Die Höhe des von Hase photographirten Spectrums beträgt 15, der Abstand der beiden Linien *H* 4,5 Millim. Die von den beiden Linien *H* am wenigsten brechbare hat eine Breite von 1,5 Millim. und ihr Abstand von *G* beträgt 35 Millim. Das Spectrum, wie es bei einer Lichtwirkung von 15 Sekunden erhalten wurde, hat eine Gesammtlänge von 11,5 Centimetern, also beinahe 4 Zollen; von *G* gegen *F* hin dehnt es sich aber nur um 9 Millimeter aus, also selbst bei einer Einwirkung von 15 Sekunden hatte der gröfste Theil der hellblauen Strahlen noch keine photographische Wirkung hervorgebracht.

Um die Orientirung zu erleichtern, sind die Buchstaben *G, H, l, m* und *n* (letztere ganz nach der von Stokes eingeführten Bezeichnungsweise) den entsprechenden Linien schon auf den, die negativen Bilder enthaltenden Glastafeln beigeschrieben worden, so dafs diese Buchstaben auf den positiven Abdrücken weifs auf schwarzem Grund erscheinen.

Da es für manchen Physiker von Interesse seyn dürfte, solche photographirte Spectra zu besitzen, so habe ich Hrn. Hase veranlafst, dieselben dem Buchhandel zu übergeben. Durch J. Diernfallner's Buchhandlung zu Freiburg i. B. sind:

Die 5 Spectra auf einem Blatt vereinigt	1 Thlr.	15 Sgr.
Ein Blatt mit den Spectris von 1, 4 und 15 Sekunden	1 »	5 ».
Ein Blatt mit den Spectris von 2 und 10 Sekunden	— »	20 »

baar zu beziehen.

Freiburg im November 1855.

XV. *Ueber einige Erscheinungen in der Intensität des Thierkreislichtes; von A. v. Humboldt.*

(Aus d. Monatsbericht. d. Akad. Juli 1855.)

In Gould's schätzbarem amerikanischem *astronomical Journal* (Nr. 84, vom 26. Mai 1855) ist in einem Briefe des Schiffscaplans Rev. Mr. George Jones, von der Fregatte Missisippi, als Resultat seiner Beobachtungen des Thierkreislichtes in den Meeren von China und Japan, die Vermuthung über einen zweiten, mit dem Monde in Beziehung stehenden, lichtausstrahlenden Ring aufgestellt worden. Diese Vermuthung gründet sich auf das »*extraordinary spectacle of the Zodiacal light, simultaneously observed at both east and west horizons from* 11 *to* 1 *o'clock*«, mehrere Tage lang hinter einander. Da ich vor 52 Jahren in der Südsee, auf der 40tägigen Ueberfahrt vom *Callao del Perú* nach dem mexicanischen Hafen Acapulco, etwas sehr analoges beobachtet und es in dem astronomischen Theile meines *Kosmos* in gedrängter Kürze bekannt gemacht habe, so ist es vielleicht nicht ganz ohne Interesse für die Akademie, wenn ich aus meinem, auf dem Meere geschriebenen, französischen Reisejournale vortrage, was auf diesen, bisher noch nie ausführlich berührten Gegenstand Bezug hat. Das Thierkreislicht und die schwierige Lösung des Problems, ob die merkwürdigen Verän-

derungen der Intensität des Lichtes, während die kleinsten Sterne sich in den Tropennächten mit gleicher Klarheit dem unbewaffneten Auge zeigten, einer materiellen Ursach aufserhalb unserer Atmosphäre zuzuschreiben seyen, haben mich fünf Jahre auf grofsen Höhen in den Cordilleren, in den Ebenen der Grasfluren (Llanos), und auf dem Meere diesseits wie jenseits des Aequators beschäftigt: wie meine spätere, zum Theil veröffentlichte Correspondenz mit Olbers beweist (Kosmos, Bd. I, S. 412).

Aus meinem Schiffsjournale vom 14. bis 19. März 1803 zwischen nördl. Breite 12° 9′ und 15° 20′ und chronometrischer Länge 104° 27′ und 105° 46′, westlich von Paris, nach eigenen Beobachtungen:

»*Le 17 et le 18 mars le fuseau zodiacal, dont la base paraît appuyée sur le Soleil, brillait d'un éclat dont je ne l'ai jamais vu en d'autres tems à l'approche de l'équinoxe du printems. La pyramide lumineuse terminait entre Aldebaran et les Pléiades à 39° 5′ de hauteur apparente, mesurée au-dessus de l'horizon de la mer, qui était encore assez visible. La pointe était un peu inclinée au nord; et la partie la plus lumineuse, relevée à la boussole, gisait ouest-nord-ouest. Ce qui m'a frappé le plus pendant cette navigation, c'est la grande régularité avec laquelle, pendant 5 ou 6 nuits de suite, l'intensité de la lumière zodiacale augmentait et diminuait progressivement. On en apercevait à peine l'existence dans les premiers trois quarts d'heure après le coucher du soleil, quoique l'obscurité fût assez considérable pour voir briller les étoiles de 4ème et 5ème grandeur; mais après les 7h 15′ le fuseau lumineux paraissait tout d'un coup dans toute sa beauté. La couleur n'était pas blanche comme celle de la voie lactée, mais telle que Dominique Cassini assure l'avoir vue en Europe, d'un jeaune rougeâtre. De très petits nuages, situés accidentellement de ce côté de l'horizon, réfléchissaient sur le fond rougeâtre une vive lumière bleue. On croyait presque voir à l'ouest un second coucher du Soleil. Vers les dix heures la lumière disparaissait presqu'entièrement; à minuit je n'en voyais qu'une*

faible trace, quoique la voûte céleste eût conservé la même transparence. Pendant que la lumière était très vive à l'ouest, nous observâmes constamment à l'est, et c'est là sans doute un phénomène bien frappant, une lueur blancheâtre également pyramidale. Cette dernière était tellement forte, qu'elle augmentait à cet air de vent la clarté du ciel, de la manière la plus frappante. Les matelots mêmes furent émerveillés de cette double lueur à l'ouest et à l'est; et j'incline à croire que cette lueur blanche à l'est était le reflet de la véritable lumière zodiacale au couchant. Aussi toutes les deux disparaissaient elles en même tems. Des reflets analogues se présentent souvent dans nos climats au coucher du Soleil, mais je n'aurais jamais imaginé que l'intensité de la lumière zodiacale pût être assez fort pour se répéter par la simple réflexion des rayons. Toutes ses apparences lumineuses étoient à peu près les mêmes depuis le 14 au 19 mars. Nous ne vîmes pas la lumière zodiacale le 20 et le 21 mars, quoique les nuits fussent de la plus grande beauté. «

Diefs sind die Worte meines Schiffsjournals, Beobachtungen und zugleich Meinungen enthaltend, welche die Beobachtungen damals veranlafsten.

Ich gründete mich demnach auf das, was ich zu Anfang dieses Jahrhunderts in einem nicht veröffentlichten Schiffsjournale der Südsee niedergeschrieben hatte, als fünf Jahre vor der Bekanntmachung der interessanten Beobachtungen des Rev. Mr. George Jones ich im astronomischen Theile des *Kosmos* sagte:

» Im ganzen scheinen mir die Veränderungen des Zodiacallichtes von inneren Veränderungen des Phänomens, von der gröfseren oder geringeren Intensität des Lichtprocesses (im Ringe) abzuhangen: wie meine Beobachtungen in der Südsee es zeigen, in welchen sogar ein Gegenschein, gleich dem bei dem Untergang der Sonne, bemerkt ward: « (*Kosmos* Bd. III, S. 589).

Ich füge hier noch die Bemerkung hinzu: dafs ich, von

dünnen Luftschichten umgeben, auf den hohen Gebirgsrücken der Cordilleren (in 10000 bis 12000 Fuſs Höhe), ja selbst noch in der Stadt Mexico, auf nur 7000 Fuſs Höhe, im Januar 1804, wie ein Jahr darauf in dem Kloster des Mont Cénis, in welchem ich, in einer Höhe von 6350 Fuſs, mit Gay-Lussac (im März 1805) mehrere Nächte zubrachte, um die Intensität der Magnetkraft bei sehr groſser Kälte und den Sauerstoff-Gehalt der Luft zu bestimmen; über die durch die Höhe zugenommene groſse Lebhaftigkeit des Zodiacallichtes (in den Tropen wie in der gemäſsigten Zone) gleich verwundert war. Die Veränderungen der Erscheinung selbst lassen sich aber, nach meinen Erfahrungen, keineswegs alle aus der Beschaffenheit unserer Atmosphäre allein erklären. Es bleibt auch über diesen Gegenstand noch viel zu beobachten übrig.

XVI. *Ueber die Bestimmung der Brechungsverhältnisse; von Felix Bernard in Bordeaux.*

(*Compt. rend. T. XXXIX. p.* 27. Auszug.)

Bei einer groſsen Anzahl optischer Versuche muſs man die Refractionsverhältnisse von plattenförmig geschnittenen brechenden Mitteln kennen, und dennoch ist es nicht immer möglich zu diesen Bestimmungen die gewöhnlichen Mittel anzuwenden. Dagegen ist dasjenige Verfahren, welches ich bei meinen Untersuchungen über die Wirkung farbiger Mittel auf das Licht benutzte, einfach, bequem und genau; es beruht auf folgenden Principien.

1. Jeder Strahl, der lothrecht auf ein brechendes Mittel mit parallelen Oberflächen einfällt, geht auch lothrecht durch dasselbe.

2. Liegt der einfallende Strahl schief, so tritt der gebrochene parallel mit ihm aus, aber die Richtungen des

einfallenden und des austretenden Strahls haben einen gewissen Abstand, und dieser hängt nur ab vom Einfallswinkel, vom Brechungsverhältnifs des Mittels und von der Dicke desselben.

Aus der Beziehung, welche diese vier Gröfsen verknüpft, kann man also das Brechungsverhältnifs herleiten, sobald die drei anderen bekannt sind. Die Dicke des Mittels ist leicht zu messen, der Einfallswinkel kann willkührlich genommen werden, und die letztere, die alleinig unbekannte (der gegenseitige Abstand der Strahlen (*P.*)) läfst sich durch Beobachtung bestimmen. Der von mir angewandte Apparat besteht nun:

1) Aus einem Sehzeichen, gebildet aus einem sehr feinen Draht, der senkrecht in einem horizontalen Rohre ausgespannt ist. An dem einen Ende dieses Rohrs befindet sich ein Diaphragma mit einem sehr kleinen Loch, durch welches das Licht in den Apparat eindringt. Der Parallelismus der Strahlen wird erhalten durch eine Linse, die innerhalb des Rohrs um ihre Brennweite von dem Diaphragma entfernt ist. Diefs System bildet den Collimator des Apparats.

2. Aus einem horizontalen Kreise zur Messung der Einfallswinkel. Im Centrum dieses Kreises befindet sich ein Träger, der mittelst einer Alhidade um seine lothrechte Axe gedreht werden kann, wobei sie auf dem Limbus des Kreises herumgeht, der blofs in Grade getheilt ist.

3, Aus einem im Brennpunkt seines Oculars mit einem sehr feinen Fadenkreuz versehenen Fernrohr, dessen optische Axe der des Collimators parallel ist und senkrecht dagegen verschoben werden kann. Diese Verschiebung wird gemessen mittelst einer Mikrometerschraube, deren Mutter das Fernrohr bewegt.

Diese drei Theile des Apparats lassen sich longitudinal auf einem Messinglineal verschieben und daselbst beliebig befestigen [1]).

1) Ein solches Instrument hat Hr. R. später, am 23. Oct. 1854, der Pariser Akademie unter dem Namen *Refractometer* vorgezeigt. (*P.*)

Verfahren. — Die Platte wird auf der horizontalen Ebene des Trägers befestigt, winkelrecht gegen die Axe des Collimators. Das Sehzeichen wird dann unverschoben gesehen. Sobald man sie aber erst um einen Winkel $+\alpha$ und dann um einen $-\alpha$ dreht, weichen die parallel aus der Platte tretenden Strahlen von einander ab, und der Abstand dieser Strahlen in den beiden äufsersten Lagen, gemessen mittelst der Schraube, lehrt das Doppelte des gesuchten Abstands kennen. Bezeichnet man diesen Abstand mit $\frac{1}{2}d$, und das Brechungsverhältnifs mit n, so gelangt man leicht zu der Formel

$$n = \sin\alpha \sqrt{1 + \left(\frac{2e\cos\alpha}{2e\sin\alpha - d}\right)^2}$$

und braucht nur darin den Werth von α und den von dem ebenfalls mit dem Apparat zu messenden e (der Dicke der Platte (P)), zu substituiren.

Mit gewissen Vorsichtsmafsregeln, in deren Detail ich hier nicht eingehen kann, befreit man sich vollständig von den Fehlern, die aus einem, selbst am Sphärometer sehr merklichen Mangel an Parallelismus der Flächen hervorgehen.

Die nach dieser Methode berechneten Brechungsverhältnisse des Quarzes für die verschiedenen Strahlen des Spectrums weichen nur um ein oder zwei Zehntausendstel von den durch Rudberg bestimmten ab. Unter sechs Beobachtungen zeigten zwei Brechungsverhältnisse nur in den Hundert-Tausendsteln einen Unterschied.

Das Verfahren ist mit Vortheil anwendbar auf die Bestimmung der Brechungsverhältnisse von Flüssigkeiten, die in Gefäfsen mit parallelen Wänden enthalten sind.

Späterer Zusatz [1]). — Die Beschreibung, welche ich von dem Apparat gegeben habe, läfst voraussetzen, dafs das auf die brechenden Platten fallende Licht ein paralleles Bündel bilde. In diesem Fall aber würde die Lage des Brennpunkts vom Bilde sich nicht mit der Bewegung des Fernrohrs ändern und die Verschiebung nicht wahrnehm-

1) *Comptes rendus T. XXXIX p.* 373.

bar seyn, während sich doch die Beobachtungen mit gröfster Leichtigkeit anstellen und die Brechungsverhältnisse sehr genau berechnen lassen. Diese Thatsachen beweisen, dafs blofs die Abfassung unrichtig war; einige Worte werden zu ihrer Berichtigung hinreichend seyn.

Ich erinnere, dafs in dem röhrenförmigen Theil, den das Licht zunächst durchläuft, ein sehr feiner verticaler Draht befindlich ist, weiterhin eine convergirende Linse von kurzer Brennweite und am Ende der Röhre ein Diaphragma mit centralem Loch, welches dem Lichte freien Eingang verstattet. Aus dieser Einrichtung erhellt, dafs, welchen Abstand im Rohre die Linse von dem Diaphragma auch habe, der Lichtpinsel, der gebildet wird von sehr wenig divergirenden Strahlen des Spectrums, welche die Linse in grofser Entfernung von ihrem Convergenzpunkt jenseits des Prismas treffen, seinen Vereinigungspunkt in einem Punkt sehr nahe beim Hauptbrennpunkt zu liegen hat; das Sehzeichen ist also eingetaucht in ein convergirendes oder divergirendes Bündel, und empfängt eine Lichtmenge, welche man mit seinem Abstande von der Linse verändern kann [1]).

1) Hr. Porro bemerkt in den *Compt. rend. T. XXXIX, p.* 245, dafs es unmöglich sey, mit einem Bündel paralleler Strahlen zu operiren, und fügt hinzu, die Messung der Brechungsmethode nach der Methode der Verschiebung (*méthode du transport*) sey längst im technomatischen Institute angewandt. Ich glaube nicht, dafs es nöthig sey, hier ein Prioritätsrecht auf die Anwendung dieser Methode, sey es auf die Bestimmung der Brechungsverhältnisse, sey es auf die der Gröfsen, welche man aus der ihre Werthe gebenden Formel herleiten kann, geltend zu machen. Ich begnüge mich hier zu sagen, dafs ich am 11. März 1852 der Akademie von Bordeaux eine Notiz über diesen Gegenstand übergeben habe, die von mir später in einer Abhandlung über die Absorption des Lichts in nicht-krystallisirten Mitteln (*Ann. de chim. et de phys. Ser. III.* 1852. *T. XXXV, p.* 436) angeführt worden ist.

XVII. *Ueber die Bestimmung der Brechungsverhältnisse mittelst der Verschiebung; zweite Abhandlung von F. Bernard.*

(*Compt. rend. T. XLI. p.* 580. Auszug.)

In einer Abhandlung, die ich in der Sitzung vom 3. Juli 1854 der Akademie vorzulegen die Ehre hatte [1]), zeigte ich, wie man die Verschiebung, welche Lichtstrahlen, die unter schiefen Incidenzen auf die durchsichtigen Mittel mit parallelen Flächen fallen, bei der Brechung erleiden, zur Bestimmung der Brechungsverhältnisse dieser Mittel benutzen könne.

Der zu dem Ende construirte Apparat, das *Refractometer*, hat seitdem einige Abänderungen erlitten. Ich erinnere zunächst daran, dafs er aus einem röhrenförmigen Theil, dem *Beleuchter* (*illuminateur*) besteht, auf dessen Axe zwei sehr feine Drähte sich rechtwinklich kreuzen. Zwei Diaphragmen mit sehr kleiner Oeffnung, an den Enden des Beleuchters, lassen nur ein dünnes Lichtbündel durch [2]). Ein horizontaler Kreis, in dessen Mittelpunkt die brechenden Substanzen befestigt sind, dient zur Messung der Einfallswinkel. Ein Fernrohr endlich, das die Stelle eines Mikroskops vertritt und im Brennpunkt des Oculars ein sehr feines Fadenkreuz trägt, ist winkelrecht gegen die Axe des Beleuchters zu verschieben, und eine Mikrometerschraube mifst den Abstand, welchen seine optische Axe durchläuft.

Das Brechungsverhältnifs n wird gegeben durch die Formel:

$$n = \sin\alpha \sqrt{1 + \left(\frac{2e\cos\alpha}{2e\sin\alpha - \delta}\right)^2}$$

1) Siehe den vorhergehenden Aufsatz. P.

2) Die Linse, die der Beleuchter früher trug, ist fortgelassen; statt dessen bedient man sich eines künstlichen Lichts durch eine äufsere Linse, die man der Lichtquelle nach Belieben näher oder ferner stellt. Gebraucht man das Licht des Spectrums, so ist diese Linse unnöthig.

in welcher e, α, δ respective die Dicke des Mittels, den Einfallswinkel und die doppelte Verschiebung bezeichnen; diese Gröfse δ wird direct durch das Instrument angegeben.

Durch eine sehr einfache Vorrichtung, durch Einführung eines kleinen Verticalkreises in den Mittelpunkt des Incidenzkreises, kann man den Sinn der oft sehr merklichen Prismaticität, welche die brechenden Platten bei geringen Dicken zeigen, leicht finden und den Einflufs derselben auf die Verschiebung aufheben, was denn erlaubt, das Brechungsverhältnifs solcher Platten mit Genauigkeit zu bestimmen.

Hr. Laugier hat die Brechungsverhältnisse einiger ziemlich dünner Platten auf diese Weise berechnet; eine derselben war nicht dicker als $0^{mm},917$. Die erhaltenen Zahlen dienten zur Bestätigung einiger von Hrn. Arago gemachten photometrischen Messungen.

Der Grad der Annäherung der Resultate läfst sich auf allgemeine Weise ausdrücken. In dem ungünstigsten Falle, dafs sich die Fehler aus der Messung der Dicken und aus der der Verschiebung addiren, findet man, wenn man bei einem Einfallswinkel von 50° und einer Platte von etwa einem Millimeter Dicke arbeitet, dafs das Brechungsverhältnifs, bei Summirung der partiellen Fehler, nicht um 0,004 falsch seyn würde.

Um die Resultate der Verschiebungsmethode mit denen des gewöhnlichen Verfahrens zu vergleichen, liefs ich eine Platte aus Glas von St. Gobain nach einem ihrer Enden hin prismatisch schneiden. Die nach beiden Methoden für die sieben Hauptstrahlen des Spectrums berechneten Brechungsverhältnisse stimmten vollkommen überein, und gaben für die gesammte Dispersion 0,01955, statt der Zahl 0,07473, die von einem anderen Beobachter gefunden worden [1]).

Die Genauigkeit der Resultate ist hier bedingt durch die Angaben der Mikrometerschraube des Instruments; bei

1) Pouillet, *Traité de Physique*, *Edit. VI*, *T. II*, *p.* 312.

dem folgenden Verfahren braucht man sich nicht um diese Angaben zu kümmern.

Zweites Verfahren. — Ein Mikrometer, bestehend aus einer in Zehntel-Millimeter getheilten Glasplatte, bringt man dergestalt im Beleuchter an, dafs die Striche vertical stehen und der mittelste von ihnen sich auf der optischen Axe des Instruments befindet, auch alle Striche vom einfallenden Lichtbündel beleuchtet werden. Nachdem die brechende Platte in gewöhnlicher Weise auf dem Träger befestigt worden, dreht man diesen um einen solchen Winkel α, das der $n$te Theilstrich rechts von der Mittellinie mit dem Fadenkreuz des Fernrohrs zusammenfällt, dann um einen Winkel $-\alpha$, so dafs auch der $n$te Theilstrich auf der Linken zur Coïncidenz gebracht wird. Man wiederholt diese Beobachtungen in den gegenüberliegen Quadranten. Das Mittel aus diesen Winkeln giebt den Werth des Winkels α, welcher der Verschiebung der mikrometrischen Abtheilungen entspricht.

Auf dieselbe Weise bestimmt man für dieselbe Verschiebung den Werth von α' in Bezug auf eine neue Platte, deren Brechungsverhältnifs n' bekannt ist. Kennt man nun noch die Werthe der Dicken der Platten, so hat man alle zur Berechnung der Brechungsverhältnisse nöthigen Elemente, mittelst der Formel:

$$n = \frac{\sqrt{(1-P)^2 \sin^2\alpha + \cos^2\alpha}}{1-P},$$

wenn gesetzt wird

$$P = \frac{e'}{e} \cdot \frac{\sin\alpha'}{\sin\alpha} \cdot Q; \qquad Q = 1 - \frac{\cos\alpha'}{\sqrt{n'^2 - \sin^2\alpha'}}.$$

Da die Dicken nur als Verhältnifs in diese Formel eintreten, so ist man überhoben, sie durch die Schraube des Instruments zu messen.

Die zweite Methode würde zur Bestimmung der Brechungsverhältnisse von Flüssigkeiten sehr bequem seyn. Man würde diese einschliefsen in ein Gefäfs mit parallelen Wänden, dessen Tiefe beinahe unverändert bliebe; man

hätte sich dann nur zu beschäftigen mit der Bestimmung der Winkel, welche alle Verschiebungen auf eine gemeinschaftliche Verschiebung zurückführen. Die Brechungsverhältnisse des Wassers, welche von Fraunhofer mit so großer Genauigkeit bestimmt worden sind, könnten als Ausgangspunkte dienen, und es würde mittelst einer sehr einfachen Vorrichtung leicht seyn, die Temperatur der Flüssigkeit zu variiren, so daſs man gleichsam mit den Augen die dadurch in der Verschiebung bewirkte Veränderung verfolgen könnte.

XVIII. *Ueber eine neue Methode, den Gang des auſserordentlichen Strahls im Kalkspath zu verfolgen; von Hrn. Billet.*

(*Compt. rend. T. LXI. p.* 514.)

Es war bisher nur einigen Physikern gegeben, das Gesetz für den Gang des auſserordentlichen Strahls im Kalkspath zu verificiren. Dieſs rührt ohne Zweifel davon her, daſs die zu dieser Verification erdachten Methoden nicht alle wünschenswerthe Einfachheit besitzen. In der That, während die von Malus dicke Kalkspäthe erfordert, von complicirter Einstellung ist und zu mühsamen Bestimmungen führt, verlangt die von Fresnel ein ganzes Assortiment dünner Platten und eine genaue Kenntniſs der Orientirung einer jeden. Gewiſs würde es aber nützlich seyn, wenn jeder Physiker im Stande wäre die Richtigkeit der schönen Idee von Huyghens zu prüfen und sich von der Wirklichkeit der Rolle, die sie einem gewissen Umdrehungsellipsoïd beilegt, selbst zu überzeugen.

Seit Hr. Bernard sein interessantes Refractometer kennen lehrte, hatte ich die Idee, daſs dieses Instrument wohl zu einer neuen Verification des Huyghens'schen Gesetzes

führen könne, die rascher und weniger schwankend als die bisher bekannten sey, und ich machte mich daran die Formeln zu berechnen, welche zum Vergleich der Theorie mit der Erfahrung erforderlich sind. Wenn ich heute im Stande bin, das Resultat dieses Vergleichs zu geben, so verdanke ich diefs der gefälligen Mitwirkung des Hrn. **Bernard**, welcher es übernahm, die nöthigen Messungen auszuführen.

Wir geben in dieser Arbeit drei Reihen von Versuchen. Bei der ersten war der Hauptschnitt der Platte parallel der Axe der Schraube. Die Verschiebung wurde gemessen für die Winkel $i=0^\circ$; $i=\pm 20^\circ$; $i=\pm 30^\circ$; $i=\pm 40^\circ$. In diesem Fall ist $\varphi=0$ und die allgemeine Formel wird:

$$T = e\sin i + e\cos i\left(\frac{\sin i}{Aab\sqrt{-A-\sin^2 i}} + \frac{B}{A}\right).$$

Die Werthe von A und B sind:

$$A = -\frac{1}{a^2}\cos^2\lambda - \frac{1}{b^2}\sin^2\lambda,$$

$$B = -\left(\frac{1}{b^2} - \frac{1}{a^2}\right)\sin\lambda\cos\lambda.$$

Bei der zweiten Reihe war der Hauptschnitt senkrecht, d. h. winkelrecht auf der Axe der Schraube. Hier sind die Wirkungen von Rechts und Links symmetrisch. Man hat keine Verschiebung für $i=0$, und gleiche Verschiebungen für die Winkel $+i$ und $-i$, wie wenn es sich um den ordentlichen Strahl handelte. Die Bestimmungen geschahen für die Winkel $i=\pm 20^\circ$, $i=\pm 30^\circ$ und $i=\pm 40^\circ$. In diesem Fall hat man $\varphi=0$ und die Formel wird:

$$T = e\sin i - e\cos i\,\frac{a\sin i}{b\sqrt{-A+a^2 A\sin^2 i}}.$$

Bei der dritten Reihe endlich war der Hauptschnitt intermediär, unter 45° gegen die Verticalebene gestellt. Hier giebt der winkelrechte Einfall eine Verschiebung, und man hat, wie im ersten Fall, Bestimmungen für die Winkel $i=0^\circ$, $i=\pm 20^\circ$, $i=\pm 30^\circ$ und $i=\pm 40^\circ$. Für diesen Fall ist die Formel:

$$T = e\sin i + \tfrac{1}{2}e\cos i\left(\frac{(1-a^2A)\sin i}{Aab\sqrt{-A+\frac{1}{2}(Aa^2-1)\sin^2 i}} + \sqrt{2}\frac{B}{A}\right).$$

Die Abweichungen der Theorie von der Erfahrung sind im Allgemeinen gering, geringer indeſs bei dem auſserordentlichen Strahl, wie zu erwarten. Für diesen ging die Abweichung zwei Mal über 0,01. In allen Fällen, es mag sich um den ordentlichen oder auſserordentlichen Strahl handeln, findet sie sich etwas höher als die Empfindlichkeit des Apparats, welche Hr. Bernard auf $\frac{1}{800}$ Millimeter anschlägt. Dürfte man daraus schlieſsen, daſs es strenge genommen keinen ordentlichen Strahl gebe, und daſs der auſserordentliche nur beiläufig dem Huyghens'schen Gesetze folge? Wir glauben es nicht, denn erstlich übersteigen unsere Fehler nicht die der Versuche von Malus, welcher, mit einem etwa acht Mal dickeren Krystall arbeitend, zuweilen bei dem Abstand der beiden Strahlen am Austritt aus dem Krystall Abweichungen von fast $0^{mm},1$ gefunden hat; denn vor allem ist die Wahl des Brechungsverhältnisses, welches in die Rechnung eingehen muſs, nicht ohne Schwierigkeit und sie hat einen groſsen Einfluſs auf die Resultate, wie man sogleich sehen wird.

Vergleicht man die Rudberg'schen Brechungsverhältnisse mit denen, die Malus für das weiſse Licht angenommen hat, so findet man, daſs sie einander nicht entsprechen. Das ordentliche Brechungsverhältniſs von Malus fällt zwischen die Linien *A* und *C*, der letzteren sehr nahe, und das auſserordentliche zwischen die Linien *B* und *A*. Und dennoch, obwohl diese Brechungsverhältnisse sonach dem weniger brechbaren Theil des Spectrums angehören, glaubt Malus [1]), sie entsprächen dem mittleren Theil des Spectrums. Nun hatte ich, ehe mir Hr. Bernard seine Versuche mittheilte, in der Hypothese $e = 1^{mm}$ und mit den beiden Brechungsverhältnissen von Malus die theoretischen Resultate für die Einfallswinkel $i = \pm 20^\circ$, $i = \pm 30^\circ$ und $i = \pm 40^\circ$ berechnet; und es ist sonderbar, daſs diese Resultate, der Dicke $e = 4^{mm},144$ angepaſst, für

1) *Théorie de la double réfraction, p.* 106 *et* 201.

den aufserordentlichen Strahl eine viel genügendere Uebereinstimmung zwischen Theorie und Erfahrung ergeben hatten.

Wenn es bewiesen wäre, dafs in diesen Versuchen die ordentlichen und aufserordentlichen Strahlen wirklich entsprechende Brechungsverhältnisse hätten, so würde ohne Zweifel das Beste seyn, von der Erfahrung das ordentliche Brechungsverhältnifs zu verlangen, welches in der That intervenirt mit Hülfe der in Bezug auf n aufgelösten Gleichung

$$t = e \sin i - e \cos i \tan r$$

und des Mittels aus drei bei gleichem Einfallswinkel erhaltenen experimentellen Werthen von t. Nach der Färbung zu urtheilen, die das Sehzeichen darbietet, darf man kaum annehmen, dafs die so angestellte Vergleichung sich verbessere und man wird zu dem Schlufs geführt, dafs es von Interesse wäre, die refractometrischen Versuche mit einem recht homogenen Lichte, genommen vom Spectrum oder von der Flamme des gesalzenen Alkohols, zu wiederholen. Es scheint mir, dafs wenn man zugleich eine durch Abspaltung erhaltene Platte mit natürlichen Oberflächen anwendete, die Abweichungen, unter diesen günstigen Umständen, sehr nahe auf die Unrichtigkeiten der Messungen beschränkt seyn müfsten.

Mögen nun auch die Verbesserungen, deren Einführung wir anrathen, Erfolg haben oder nicht, so sind doch die in dieser Abhandlung enthaltenen Versuche hinreichend, um festzustellen, dafs das Refractometer, ein auch in anderer Hinsicht nützliches Instrument, auf die Doppelbrechung des Kalkspaths angewandt, eine Verificationsmethode liefert, die in Genauigkeit mit der des Prismas (*triangle*) wetteifert und sie in Leichtigkeit übertrifft.

XIX. *Ueber einige Erscheinungen beim circular-polarisirten Licht; neuer Circular-Polarisations-Apparat und neuer Compensator; von Hrn. H. Soleil.*

(*Compt. rend. T. XL. p.* 1058.)

Die mit den Fresnel'schen Parallelepipeden zu beobachtenden Erscheinungen lassen sich auch leicht mit Glimmerblättchen von etwa drei Hundertel-Millimeter Dicke hervorbringen. Solche Blättchen, die im Polarisationsapparat ein bläuliches Weifs geben, zerfällen auch leicht ein gewöhnlich polarisirtes Bündel in zwei unter sich rechtwinklich polarisirte Systeme von gleicher Intensität, die um eine Viertelwelle von einander abweichen [1]).

Auf den Rath des Hrn. Jamin habe ich, um die Fresnel'schen Versuche zu wiederholen, zwei solcher Blättchen vereint, und dadurch einen neuen Apparat construirt, der vor den Parallelepipeden den Vorzug hat, dafs er stets in gleicher Richtung zu visiren erlaubt.

Dieser Apparat besteht aus zwei Glimmerblättchen, einem festen und einem, welches sich um das erstere 90° drehen läfst, so dafs man die Axen parallel oder unter sich rechtwinklich stellen kann. Bringt man die Axen in parallele Richtung, schaltet eine parallele Quarz- oder Gypsplatte, welche z. B. das Roth zweiter Ordnung giebt, mit ihrer Axe unter 45° gegen die der Glimmer ein, und beobachtet nun in einem Polarisationsapparat (dem Nörremberg'schen oder der Turmalinzange), so erblickt man zunächst, wenn die parallelen Axen der Glimmer in der Polarisationsebene liegen, eine rothe Farbe; allein, so wie

1) Hr. S. wird doch diesen Gebrauch der Glimmerblättchen nicht als etwas Neues ausgeben wollen. Ich selbst besitze einen einfachen Apparat der Art, mit dem ich die schönen Versuche von Airy über den Quarz, gleich nach ihrer Bekanntmachung im J. 1831, sehr befriedigend wiederholt habe. *P.*

man das System der Glimmer und der parallelen Platte dreht, sieht man die Farbe sich nach Ordnung der Farben des Spectrums verändern, und jede Farbe während einer ganzen Umdrehung vier Mal erscheinen.

Legt man die Quarzaxe, immer unter 45° gegen die Glimmeraxen, rechtwinklich gegen die ursprüngliche Lage, so kommt dasselbe Phänomen im umgekehrten Sinne zum Vorschein. Ersetzt man den parallelen Quarz durch einen einaxigen, winkelrecht gegen die Axe geschnittenen Krystall, so sieht man das schwarze Kreuz in einen Kreis übergehen. Ist die eingeschaltete Platte ein zweiaxiger Krystall, so sieht man die schwarze Linie, welche durch das Centrum der beiden Ringsysteme geht, sich ebenso in einen Kreis umwandeln. Schaltet man, wie wir oben gethan, zwischen die mit ihren Axen gegeneinander rechtwinklichen Glimmer einen parallelen Quarz ein, so verhält er sich ganz wie ein winkelrechter Quarz, welcher die Polarisationsebene rechts oder links ablenkt, je nachdem man die Axe diefs- oder jenseits unter 45° gegen den Glimmer legt, und die Ablenkung ist proportional der Dicke eines winkelrechten Quarzes, welcher dieselbe Farbe gäbe wie die parallele Platte genommen in derselben Ordnung. Man kann zu dem Ende einen parallelen Compensator anwenden, welcher veränderliche Dicken giebt.

Versetzt man einen winkelrechten Quarz unter dieselben Umstände, so verhält er sich wie ein paralleler Quarz. Nimmt man einen einaxigen Krystall, so concentrirt sich das Kreuz, statt in einen Kreis überzugehen, in einem Punkt. Gleiches gilt von den zweiaxigen Krystallen.

Im Verfolge dieser Untersuchungen bin ich zu nachstehenden Thatsachen gelangt, die ich für neu halte.

Man legt die beiden Glimmer unter sich rechtwinklich, schaltet einen zweiaxigen Krystall unter 45° gegen beide ein und dreht den Zerleger, z. B. rechts; dann sieht man die Ringe bei gewissen Krystallen sich erweitern, bei anderen sich verengern. Legt man die Krystallaxe rechtwinklig dagegen, so findet die Erscheinung im umgekehrten Sinne statt.

Liste der von mir beobachteten Krystalle.

Krystalle, deren Ringe sich erweitern, wenn man rechts dreht.	Krystalle, deren Ringe sich verengern, wenn man rechts dreht.	
Schwerspath	Borax	Gyps
Topas	Arragonit	Glimmer
	Diopsid	Salpeter.
	Bleispath	

Perlmutter verhält sich wie die Krystalle der letzten Art.

Ich kann diese Notiz nicht schliefsen, ohne zu erwähnen, dafs diese Versuche auch ganz gut mit kleinen schwach gehärteten Glasplatten gelingen, wie die HH. Babinet und Guérard gezeigt, welche auch beobachtet haben, dafs das Licht in den Farbenringen mit schwarzem Kreuze an den hellsten Stellen der Ringe, welche einer Viertelwelle entsprechen, circular polarisirt ist [1]).

Ich habe oben von einem parallelen Compensator gesprochen. Ich benutze diese Gelegenheit, um einen Apparat kennen zu lehren, den ich noch nicht beschrieben habe. Er besteht aus einer Quarzplatte, deren eine Fläche parallel der Axe ist, während die zweite schwach gegen die erste neigt. Schneidet man diese Platte in zwei, und fügt die Hälften so zusammen, dafs eine Platte mit parallelen Flächen entsteht, so erhält man begreiflich, wenn man diese Hälften aufeinander verschiebt, verschiedene, allmählich zu- oder abnehmende Dicken. Da dieses System zu dick ist, um Farben zu geben, so compensirt man es durch eine gleichfalls parallele Platte, deren Axe aber rechtwinklich liegt. Dieser Compensator hat den Vorzug, dafs er den Gesichtsstrahl nicht verschiebt, und eine Theilung erträgt, die Tausendstel eines Millimeters angiebt.

1) Eine längst bekannte Thatsache. (*P.*)

XX. *Notiz über ein neues Mittel, zu erkennen, ob die unter sich parallelen Flächen einer Bergkrystallplatte auch der Krystallaxe parallel sind oder gegen dieselbe neigen; von Hrn. H. Soleil.*

(*Compt. rend. T. XLI, p.* 669.)

Vor langer Zeit hat mein Vater ein einfaches Mittel entdeckt und mit Erfolg angewaudt, um zu erkennen, ob eine parallele Bergkrystallplatte strenge winkelrecht auf der Axe sey. Das Mittel besteht darin, dafs man die Platte auf den am Boden des Nörremberg'schen Polarisationsapparat befindlichen Spiegel legt und zugleich durch den Zerleger und die, in kleinem Abstand vom Spiegel befindliche, als Collimator dienende Lupe betrachtet. Die polarisirten Strahlen, welche einmal durch die Platte gegangen sind, werden von dem Spiegel reflectirt und durchdringen ihn zum zweiten Mal in entgegengesetzter Richtung. Die Platte ist somit zwei anderen von entgegengesetzter Richtung gleichwerthig und giebt Veranlassung zu dem unter dem Namen der Airy'schen Spiralen bekanntem Phänomen.

Diefs gesetzt, sind nun die Platten winkelrecht auf der Axe oder nicht, je nachdem die Spiralen vollkommen regelmäfsig oder symmetrisch ausgebildet sind oder nicht. Man versichtbart auf diese Weise die kleinsten Schiefheiten oder Neigungen der Flächen der Platte gegen die Krystallaxe. Als mein Vater diefs Verfahren erfand, wandte man die der Krystallaxe parallelen Platten nur sehr selten an und er fühlte nicht die Nothwendigkeit eines Mittels, den Parallelismus mit eben der Genauigkeit wie die Rechtwinklichkeit zu erweisen. Gegenwärtig ist dem aber nicht so; noch kürzlich habe ich der Akademie einen sehr empfindlichen Compensator vorgezeigt, zu dessen Construction solche mit der Axe parallele Quarzplatten gehören. Die einfache und wirksame Lösung, welche ich aufgefunden, scheint mir der Beachtung der Akademie nicht unwerth zu

seyn, um so mehr, als sie das nothwendige Complement zu meiner Notiz vom Maimonat ist [1]).

Ich bediene mich immer des Nörremberg'schen Apparats. Auf das belegte Glas des Bodens bringe ich zunächst ein Glimmerblättchen von einer Viertelwelle, mit ihrem Hauptschnitt oder der die beiden Ringcentra verbindenden Linie in die Polarisationsebene oder winkelrecht darauf. Auf das Glimmerblättchen lege ich die Quarzplatte, deren Parallelismus ich prüfen will, aber solchergestalt orientirt, dafs die Krystallaxe einen Winkel von 45° mit der Centralinie oder dem Hauptschnitt des Glimmers macht. Die Orientirung ist, wie sie seyn soll, wenn man, beim Sehen durch den Zerleger, das Gesichtsfeld gleichförmig dunkelblau gefärbt erblickt. Hierauf schaltet man eine Lupe ein, bringt sie wohl in den Brennpunkt und schaut abermals durch den Zerleger. Sind nun die Flächen der Platte streng parallel der Axe, so wird das Gesichtsfeld nach der Einschaltung der Lupe, so gut wie vor derselben, gleichförmig blau gefärbt erscheinen. Wenn dagegen der Parallelismus mit der Axe nicht genau ist, so wird das gleichförmig blaue Gesichtsfeld, gesehen durch die Lupe, ersetzt durch einen schwarzen Streifen, begleitet rechts und links von farbigen Fransen, die wie der schwarze Streif, rechtwinklich auf der Krystallaxe sind. Diese Fransen sind desto zahlreicher und desto gedrängter, je gröfser der Winkel ist, den die Flächen mit der Krystallaxe machen. Ist die Neigung oder Schiefe gegen die Axe somit nachgewiesen und ist sie beträchtlich, so wird man, nach Fortnahme der Lupe, das Gesichtsfeld nicht wieder gleichförmig erhellt sehen, vielmehr werden die Fransen ohne Lupe erscheinen.

Nimmt man zu diesen Prüfungen nicht mehr Platten mit unter sich parallelen Flächen, sondern prismatische Platten, so sieht man ähnliche, aber verwickeltere Phänomene erscheinen. Die mit oder ohne Lupe gesehenen Fransen sind nicht mehr winkelrecht auf der Krystallaxe, sondern parallel

1) Siehe den vorhergehenden Aufsatz.

der Kante des Prismas oder dem Durchschnitt der beiden schiefen Flächen. Wenn überdiefs eine der prismatischen Flächen parallel der Axe ist und die andere schief, und man legt die mit der Axe parallele Fläche auf das Glimmerblättchen, so sieht man die farbigen mit der Kante des Prisma parallelen Fransen, von denen schon die Rede war; wenn man dagegen die zur Axe geneigte Fläche mit dem Glimmerblättchen in Contact bringt, so erblickt man die Fransen nicht mehr, sondern statt deren eine gleichförmige Farbe, wenigstens immer dann, wenn die Kante des Prismas nicht der Krystallaxe parallel ist. In diesem letzteren Fall sieht man Fransen, mit welcher Fläche auch die Platte aufliege. Uebrigens entstehen diese Erscheinungen nur dann, wenn der Winkel des Prismas sehr klein ist.

Folgende Erscheinung ist zu sonderbar, um nicht erwähnt zu werden. Man nehme zwei Quarzplatten, deren unter sich parallele Flächen um eine gleiche Gröfse gegen die Krystallaxe neigen. Auf den Rändern (*tranches*) der beiden Platten zeichne man die Richtung der Axe an und lege sie solchergestalt auf einander, dafs die Striche, welche die Richtung der Axe angeben, unter sich parallel sind, sobald die Axen in derselben Ebene liegen. So auf einander gelegt compensiren die beiden Platten einander nicht oder bilden nicht eine einzige, der Axe parallele Platte. Hat man dagegen die Platten so auf einander gelegt, dafs die Striche nicht mehr parallel sind, sondern convergiren, so compensiren sie einander, und ihr Verein kommt, was den Vorgang in der Mitte des Feldes betrifft, einer einzigen, der Axe parallelen Platte gleich. Zwei solche Paare, rechtwinklich auf einander gelegt, geben die bekannten gleichschenklichen Hyperbeln.

XXI. *Ueber das blaue phosphorsaure Eisenoxyduloxyd; von Dr. G. C. Wittstein.*

In diesen Annalen, Bd. XCVI. S. 139 theilte Hr. Dr. G. Jenzsch zwei Analysen eines Präparats mit, welches durch Fällen von 3 Theilen Eisenvitriol mit 5 Theilen phosphorsaurem Natron bereitet war und eine *bläulichgraue* Farbe besafs. Als Mittel aus den beiden Analysen wurden erhalten:

		Sauerstoff
Phosphorsäure	28,36	15,90
Eisenoxyd	35,97	10,78
Eisenoxydul	10,68	2,37
Wasser	24,99	22.21
	100,00	

und daraus die Formel

$$2(3FeO+PO_5+8HO)+3(3Fe_2O_3+2PO_5+16-3HO)$$

berechnet, welche 28,50 Phosphorsäure, 35,99 Eisenoxyd, 10,80 Eisenoxydul und 24,71 Wasser verlangt.

Dem Hrn. Verfasser scheint meine gröfsere Arbeit über das natürliche und künstliche Eisenblau, welche vor 10 Jahren in Buchner's Repertorium (Jahrgang 1845. Bd. LXXXIX. S. 147 bis 175) erschien, entgangen zu seyn. Ich gelangte durch dieselbe zu folgenden Schlufsbemerkungen:

1. Die *blaue* Verbindung der Phosphorsäure mit dem Eisen enthält nicht blofs Oxydul-, sondern auch Oxydsalz.

2. Das stöchiometrische Verhältnifs von Oxydul- und Oxydsalz ist indessen nicht constant und wechselt von 9:1 bis 2:1.

3. Das stöchiometrische Verhältnifs von (metallischem) Eisen zur Phosphorsäure ist dagegen constant wie 3 : 1. Abweichungen von diesen Zahlen, wie sie sich namentlich in mehreren Analysen des natürlichen Eisenblaues finden, scheinen auf *beigemengtem* überbasischem Oxydsalze zu beruhen.

4. Es kann mithin als gewifs angenommen werden,

dafs der in Eisenoxydulsalzen durch phosphorsaures Natron entstehende weifse Niederschlag im Momente seiner Bildung aus 3 Atomen Eisenoxydul und 1 Atom Phosphorsäure besteht. Das Hydratwasser in demselben beträgt 8 Atome, folglich sind die Sauerstoffmengen in der wasserfreien Verbindung und in dem Wasser einander gleich.

5. An der Luft geht dieser weifse Niederschlag durch Aufnahme von Sauerstoff, und ohne sein Wasser abzugeben, theilweise in Oxydsalz über; demgemäfs entsteht aus 2 Atomen $3FeO + PO_5 + 8HO$: 1 Atom $3Fe_2O_3 + 2PO_5 + 16HO$. Unter dem Einflusse noch nicht bekannter Umstände bildet sich bald mehr, bald weniger Oxydsalz; das Maximum des Oxydsalzes beträgt aber in der *blauen* Verbindung, wie schon oben bemerkt, 1 Atom auf 2 Atome Oxydulsalz.

6. Am sichersten gelingt die Darstellung einer rein blauen Verbindung, wenn man auf 2 Atome Eisenvitriol nicht mehr als 1 Atom phosphorsaures Natron nimmt [1]). Der Niederschlag mufs aber sogleich abfiltrirt werden, weil die überstehende (saure) Flüssigkeit durch Stehen eine gelblich-weifse Oxydverbindung fallen läfst.

Ein ferneres, unerläfsliches Bedingnifs zur Gewinnung des blauen Körpers ist das *Trocknen bei gewöhnlicher Temperatur.*

7. Diese gelblichweifse Oxydverbindung ist ein basisches Salz, und besteht aus $Fe_2O_3 + PO_5 + 8HO$, bei 100^0 getrocknet aus $Fe_2O_3 + PO_5 + 4HO$.

8) Um aus 2 At. Eisenvitriol sogleich ziemlich alles Eisen niederzuschlagen, sind $1\frac{1}{2}$ At. phosphorsaures Natron erforderlich; der Niederschlag nimmt beim Trocknen meistens eine grünlichgraue Farbe an und enthält dann auf 2 At. Oxydulsalz mehr als 1 At. Oxydsalz, und zwar neben $3Fe_2O_3 + 2PO_5$ noch die Verbindung $2Fe_2O_3 + PO_5$. Aus letzterem Grunde beträgt die stöchiometrische Menge des Eisens mehr als 3 At. auf 1 At. Phosphorsäure.

9) Es gelang nicht, aus Mischungen von Oxydul- und

1) Auf 14 Gewichtsth. Eisenvitriol 18 Gewichtsth. phosphorsaures Natron.

Oxydsalzlösungen in den verschiedenartigsten Verhältnissen durch phosphorsaures Natron direct einen blauen Niederschlag zu bereiten, derselbe fiel vielmehr stets mehr oder weniger grau- bis gelblichweifs nieder und wurde an der Luft niemals blau, sondern behielt entweder seine ursprüngliche Farbe oder ging ins Graugrünliche über.

Hiernach dürfte der grofse Oxydgehalt des von Hrn. Dr. Jenzsch untersuchten Präparats leicht zu erklären seyn; er war nämlich bedingt durch, der blauen Oxyduloxyd-Verbindung *beigemengtes* überbasisches Oxydsalz ($2Fe_2O_3 + PO_5$), und letzteres rührte davon her, dafs zur Fällung von 2 At. oder 3 Gewichtsth. Eisenvitriol mehr als 1 At. oder $3\frac{17}{20}$ Gewichtsth. phosphorsaures Natron genommen worden waren.

Die gröfste Menge Oxyd, welche ich in der rein blauen Verbindung fand, betrug fast 21 Proc., und ein solches Präparat hatte die Formel:

$$5(3FeO + PO_5 + 8HO) + 2(3Fe_2O_3 + 2PO_5 + 16HO).$$

Beim Fällen des Eisenvitriols mit überschüssigem phosphorsaurem Natron (auf 2 At. oder 100 Gewichtsth. Vitriol fast $1\frac{1}{2}$ At. oder 190 Gewichtsth. Natronsalz) und Sammeln des Niederschlags nach vollständigem Absetzen, erhielt ich niemals ein rein blaues, sondern ein *grünlichblaues* oder *grünlichgraues* Präparat, welches fast 31 Proc. Oxyd enthielt, und dann war demselben stets überbasisches Oxydsalz beigemengt. Einmal entsprach das Präparat der Formel:

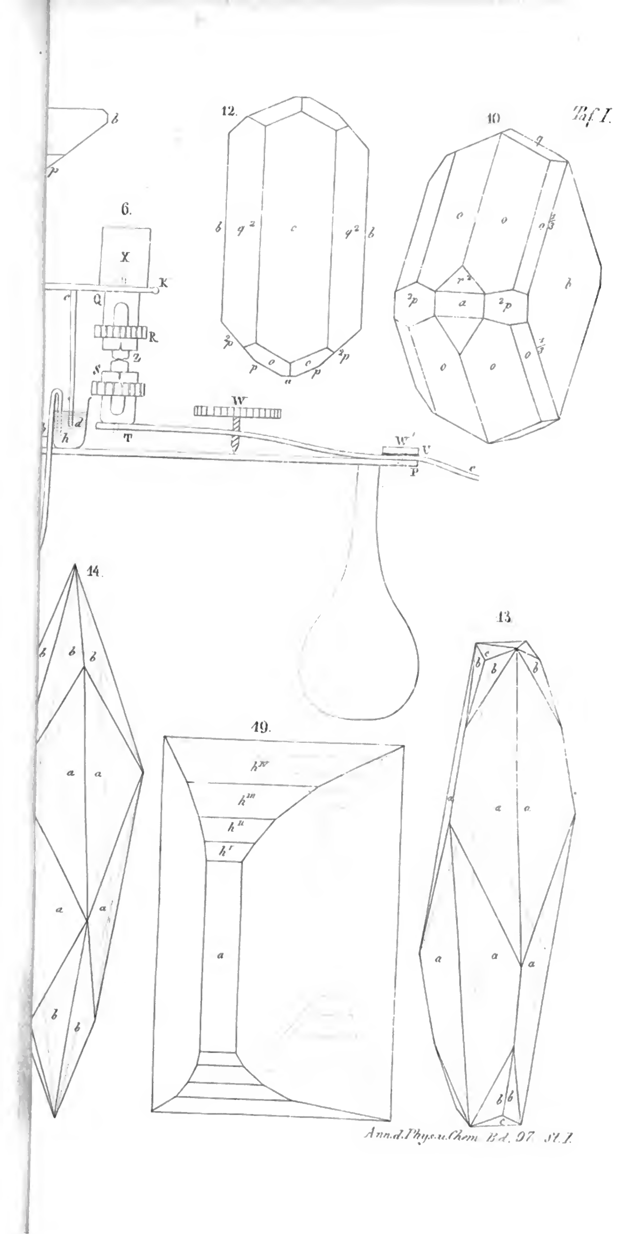
$$7(3FeO + PO_5 + 8HO) + 4(3Fe_2O_3 + 2PO_5 + 16HO), \quad 3(2Fe_2O_3 + PO_5 + 4HO);$$

ein andermal der Formel:

$$2(3FeO + PO_5 + 8HO) + (3Fe_2O_3 + 2PO_5 + 16HO), \quad (2Fe_2O_3 + PO_5 + 4HO).$$

München, im November 1855.

Gedruckt bei A. W. Schade in Berlin, Grünstr. 18.


Taf. I.
6.
X
K
Q
R
S
W
T
W'
V
P
10.
12.
13.
14.
19.
a
b
c
o
p
q
h
Ann. d. Phys. u. Chem. Bd. 97. St. I.

1856. ANNALEN *No.* 2.
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND XCVII.

I. *Ueber Schaumkalk als Pseudomorphose von Aragonit; von Gustav Rose.*

(Vorgelesen in der Sitzung der phys.-math. Classe d. k. Akad. d. Wiss. d. 3. Dec. 1855.)

Bei Wiederstädt im Mansfeld'schen kommt in derbem feinkörnigen Gyps eingewachsen, grofsblättriger Gyps vor, der gewöhnlich ganz, zuweilen aber nur theilweise in Schaumkalk (kohlensaure Kalkerde) umgewandelt ist. Der durchsichtige farblose Gyps ist dadurch schneeweifs, undurchsichtig und perlmutterglänzend geworden, die Form und selbst die Structur des Gypses hat sich aber noch erhalten, die schneeweifse Masse läfst sich noch in Blätter spalten, wiewohl diese viel brüchiger als in dem Gypse sind, die Blätterlagen liegen aber gewöhnlich nicht dicht übereinander, und dadurch wird der Perlmutterglanz und die Undurchsichtigkeit in gröfseren Stücken hervorgebracht. Wo der Gyps nur theilweise in Schaumkalk umgeändert ist, verläuft sich die weifse Masse in denselben, und geht vollkommen in ihn über.

Freiesleben, dem wir die erste gründliche Beschreibung des Schaumkalkes verdanken, gedenkt schon dieses Ueberganges des Gypses in Schaumkalk und fand ihn sehr merkwürdig [1]), hielt ihn aber nicht für eine Umänderung des Gypses in kohlensaure Kalkerde, sondern für eine Verwachsung mit demselben. Blum [2]) stellte zuerst die Ansicht auf, dafs diese Verwachsung eine beginnende

1) Geognostischer Beitrag zur Kenntnifs des Kupferschiefergebirges, 1809, Bd. 2, S. 235.

2) Die Pseudomorphosen des Mineralreichs, 1843, S. 47.

Umänderung des Gypses, und der Schaumkalk überhaupt eine Pseudomorphose sey, eine Ansicht, die auch jetzt allgemein angenommen ist. Blum begnügte sich hierbei nur die Thatsache anzuführen, dafs bei dieser Umwandlung Schwefelsäure und Wasser verloren gegangen und gegen Kohlensäure ausgetauscht wären, Bischof[1]) erklärte die Entstehung dieser Pseudomorphose den chemischen Gesetzen gemäfs auf die Weise, dafs er annahm, dafs Gewässer, welche kohlensaures Natron aufgelöst enthalten hätten, mit dem Gyps in Berührung gekommen wären, wobei sich alsdann schwefelsaures Natron und kohlensaure Kalkerde gebildet hätten und ersteres von den Gewässern fortgeführt, letzteres in der Form des Schaumkalkes zurückgeblieben wäre. Aber auch er hielt wie Blum und Jedermann den Schaumkalk für eine Abänderung des Kalkspaths; dafs diefs ein Irrthum, und der Schaumkalk Aragonit sey, werde ich mich bemühen in dem Folgenden zu beweisen.

Der Schaumkalk ist, wie schon angeführt, schneeweifs und undurchsichtig, betrachtet man aber die Ränder dünner Blättchen unter dem Mikroskop, so erscheinen diese durchsichtig und wasserhell. Man sieht dann, dafs der Schaumkalk aus lauter dünnen tafelartigen Krystallen besteht[2]), die alle eine unter einander parallele Lage haben, aber nicht dicht auf und an einander schliefsen, und dadurch in dickeren Stücken undurchsichtig und perlmutterglänzend erscheinen. Die Krystalle scheinen rechtwinklige Tafeln zu seyn, aber von denselben sind nur die zwei parallelen langen Seiten zu sehen, an den Enden sind sie verbrochen und in der Mitte werden sie von verschieden laufenden Querrissen durchfetzt. Betrachtet man sie unter dem Mikroskop im polarisirten Lichte, so erscheinen die Tafeln von ganz gleicher Farbe, die sich nur da, wo zwei oder mehrere über einander liegen, verändert.

Wo der Schaumkalk in unveränderten Gyps übergeht,

1) Lehrbuch der chemischen und physikalischen Geologie 1851, Bd. 2, S. 196.

2) Vergl. Taf. II Fig. 8, die sie bei 360 maliger Vergröfserung darstellt.

ziehen sich von der schneeweifsen Masse des Schaumkalkes gerade und untereinander parallele Streifen in den wasserhellen Gyps hinein, die dem unbewaffneten Auge feinfaserig erscheinen (Taf. II Fig. 7). Unter dem Mikroskop erkennt man, dafs die Fasern die länglichen tafelartigen Krystalle sind, aber man sieht sie auch hier selten an den Enden regelmäfsig begränzt; nur einmal habe ich an den Krystallen, die in den unveränderten Gyps hineinragten, Endflächen gesehen, und denn waren es immer Flächen, die auf den Hauptflächen der Tafeln gerade aufgesetzt waren. Diefs ist kein Ansehen von Kalkspathkrystallen, aber es stimmt vollkommen mit dem von Aragonitkrystallen überein, denn in diesem Fall entsprechen die Hauptflächen der Tafeln den Längsflächen *b* des verticalen Prismas *g* von 116° 16′ (Taf. II Fig. 3), die Endflächen sind die Flächen eines Längsprismas, wahrscheinlich die Flächen des Längsprisma *f*, das eine Zuschärfung von 108° 27′ bildet, und am gewöhnlichsten beim Aragonit vorkommt.

Die Streifen des Schaumkalkes gehen, wie der Augenschein zeigt, stets einer Kante, welche die vollkommenste Spaltungsfläche des Gypses mit einer der beiden schiefwinkligen Spaltungsflächen bildet, parallel. Da sich die beiden schiefwinkligen Spaltungsflächen, die die Hauptspaltungsfläche rechtwinklig schneiden, und von denen bekanntlich die eine *a* (Taf. II Fig. 2) der Querfläche des verticalen Prismas *g* von 111° 14′ (Taf. II Fig. 1), die andere *d′* einer hintern schiefen Endfläche, der Abstumpfung der Kante von 138° 44′ des hintern schiefen Prismas *o′* parallel gehen, in ihrem Ansehen bestimmt von einander unterscheiden, indem die eine *a* häufig in muschligen Bruch überspringt, die andere *d′* ein faseriges Ansehen [1]) hat, der

1) Das fasrige Ansehen dieser Spaltungsfläche rührt daher, dafs der Gyps auch eine Spaltbarkeit parallel den Flächen des hinteren schiefen Prismas *o′* besitzt, und der Bruch nun beim Zerschlagen des Gypses in dieser Richtung aus den einen Spaltungsflächen dieser Zone in die anderen wiederholt überspringt.

Gyps auch in der Zone der faserigen und der vollkommensten Spaltungsfläche etwas biegsam ist; so lassen sich auch die schiefwinkligen Spaltungsflächen leicht wieder erkennen, und man kann sich auf diese Weise überzeugen, dafs es stets die Kante der deutlichsten Spaltungsfläche mit der muschligen Spaltungsfläche *a* ist, der diese Streifen parallel gehen, wie auch in der Zeichnung Taf. II Fig. 7 angegeben ist.

Man hat aber noch ein anderes Mittel, die Richtung dieser Streifen zu bestimmen. Betrachtet man den unveränderten Gyps von Wiederstädt unter dem Mikroskop, so ist man überrascht eine grofse Menge von anscheinend regelmäfsiger prismatischer Krystalle, die alle eine parallele Stellung haben, eingeschlossen zu finden. Bei näherer Untersuchung überzeugt man sich bald, dafs es regelmäfsig gestaltete Höhlungen sind, die genau die Form des Gypses, und deren Flächen auch eine parallele Lage haben mit den entsprechenden Flächen des Gypses, worin sie eingeschlossen sind. Taf. II Fig. 6 zeigt ein solches Stück nach der Natur gezeichnet in 360 maliger Vergröfserung. Die Höhlungen liegen in verschiedenen Höhen; schraubt man das Mikroskop etwas höher oder tiefer, so verschwinden die gesehenen Höhlungen, und neue treten hervor; die Fig. 6 dargestellten sind dick, in anderen Fällen sind sie dünner, und schliefsen auch öfter eine Flüssigkeit mit einer Luftblase ein [1]). Sie sind in der Regel wie die aufgewachsenen Krystalle des Gypses selbst, nach der Axe des verticalen Prismas *g* ausgedehnt. Ich habe ihre Winkel nicht gemessen, man kann sich aber unter dem Mikroskop durch den Augenschein überzeugen, dafs ihre Hauptaxen mit der Kante der muschligen und der Hauptspaltungsfläche des Stückes, worin sie liegen, parallel gehen, und dafs sie auch die Winkel des Gypses haben, sicht

1) Es sind also ganz ähnliche regelmäfsige Höhlungen, wie sie Leydolt beim Bergkrystall, Topas und dem Eise gefunden, und in den Sitzungsberichten der math.-naturw. Classe d. kais. Akad. d. Wiss. vom October 1851 beschrieben hat.

man, wenn man die Zeichnung des der Längsfläche parallelen Schnittes beim Gypse mit den bekannten Winkeln auf Papier ausschneidet, und sie in der richtigen Stellung haltend, mit dem einen (rechten) Auge betrachtet, während man die Gypsplatte mit den Höhlungen unter dem Mikroskop mit dem andern (linken) Auge betrachtet. Es gelingt dann leicht, die beiden Bilder zum Decken zu bringen, und sich von der Uebereinstimmung der Winkel zu überzeugen. Sehr häufig sieht man diese regelmäfsigen Höhlungen in der Nähe des Uebergangs des Gypses in Schaumkalk und man kann dann auch sehen, dafs die Streifen auf dem Gypse, oder die Aragonitkrystalle mit der Längenrichtung der scheinbaren eingewachsenen Krystalle, und folglich die Streifen auch der Kante der muschligen und der Haupt-Spaltungsfläche des Gypses parallel gehen.

Der Schaumkalk gehört also zu den Pseudomorphosen, bei welchen die entstandenen Individuen eine untereinander parallele und in Bezug auf den ursprünglichen Krystall, aus dem sie entstanden sind, ganz bestimmte Lage haben. Nimmt man an, dafs die tafelartigen Krystalle Aragonit sind, so würde die Hauptfläche der Tafeln oder die Längsfläche des Aragonits der Hauptspaltungsfläche oder der Längsfläche des Gypses und die Hauptaxe des Aragonits der Hauptaxe des Gypses d. i. der Axe des Prismas von 111° 14′ parallel, die Lage der Aragonitkrystalle gegen den Gyps, aus dem sie entstanden sind, also so seyn, wie es Taf. II Fig. 4 dargestellt ist.

Da indessen die Endflächen der Aragonitkrystalle so selten zu sehen sind, so ist die Form der Individuen des Schaumkalkes für ihre Natur nicht vollkommen überzeugend; sicherere Auskunft giebt darüber das specifische Gewicht. Ehe ich dieses aber untersucht, habe ich mich noch durch einige chemische Versuche überzeugt, dafs der Schaumkalk von Wiederstädt, mit dem die Wägungen angestellt wurden, fast vollkommen reine kohlensaure Kalkerde sey. Im Kolben vor dem Löthrohr erhitzt, gab er nur ein sehr geringes Sublimat von Wasser, das offenbar hygroskopisch

war, da der Schaumkalk vor dem Versuche nicht bei 100°
getrocknet war. Schwach geglüht, veränderte er die Farbe
nicht, er enthält also keine bituminöse Substanz, wie manche
andere Abänderungen der kohlensauren Kalkerde, z. B. die
Bergmilch, die schwach geglüht ganz grau wird. In Chlor-
wasserstoffsäure löste er sich leicht mit starkem Aufbrau-
sen und mit Hinterlassung eines fast unmerklichen Rück-
standes auf, der unter dem Mikroskop betrachtet noch etwas
unveränderter Gyps zu seyn schien. Die Auflösung gab
mit Ammoniak nur einen äufserst geringen, mit Kalkwasser
gar keinen Niederschlag.

Bei der grofsen Lockerheit der Masse ist das specifische
Gewicht des Schaumkalks mühsam zu untersuchen. Ich habe
ihn dazu im Mörser zerrieben, mit Wasser zur Entfernung
der Luftblasen gekocht, die erkaltete Masse zuerst im Pla-
tintiegel unter Wasser, und darauf, nachdem sie erst in
warmer Luft, und dann bei schwacher Rothglühhitze ge-
trocknet war, wieder gewogen. Es wurden mit der zer-
riebenen Menge 2 Versuche gemacht, die die folgenden
Resultate gaben:

	absolutes Gew. in Grammen.	Gew. im Wasser.	Temp. des Wassers.	spec. Gew.
1.	1,3538	0,9009	15°,2 R.	2,989
2.	2,0374	1,3547	15 ,0	2,984.

Beide Versuche haben also ein fast völlig übereinstim-
mendes Resultat gegeben. Vergleicht man dasselbe mit
dem, welches die genausten Wägungen des Aragonits ge-
geben haben, so überschreitet dasselbe nicht die Zahl 2,96;
das obige Resultat übertrifft diese Zahl um noch fast 3 Hun-
derttheile, eine Abweichung, die doch bei der Schwierig-
keit der Wägung nicht so grofs ist, dafs man hiernach
berechtigt wäre, den Schaumkalk für etwas anderes als
Aragonit zu halten.

Zum Gegenbeweise habe ich indessen von dem geglüh-
ten Schaumkalke wieder das specifische Gewicht genommen:
Schwach geglüht ändert sich nämlich der Aragonit in Kalk-
spath um. Ist daher der Schaumkalk Aragonit, so mufs er

schwach geglüht auch das specifische Gewicht des Kalkspaths haben. Zu dem Ende wurde eine neue Menge des Schaumkalkes von Wiederstädt schwach geglüht, dann zerrieben mit Wasser gekocht, und wie vorhin behandelt. 0,8440 Gr. wogen unter Wasser 0,5329, ihr specifisches Gewicht ist also $=2,717$, wie das des Kalkspaths.

Betrachtet man die geglühte Masse des Schaumkalks unter dem Mikroskop, so erscheinen die einzelnen Tafeln von viel mehr Sprüngen durchsetzt, als früher; auch laufen sie nach den verschiedensten Richtungen. Im polarisirten Lichte angesehen, zeigte jede einzelne Tafel nun verschiedene stark voneinander abweichende Farben, die stets an Sprüngen scharf abschnitten. Das Individuum zerfällt bei der Umänderung in mehrere kleinere, die alle eine gegeneinander verschiedene Lage haben, daher alle das Licht verschieden brechen und die verschiedenen Farben geben. Alle kleinen Krystalle des Aragonits, die geglüht nicht zerfallen, sondern nur Risse und Sprünge bekommen, verhalten sich ebenso, aber bei keiner Varietät ist die Erscheinung so schön zu sehen, und sind die zum Vorschein kommenden Farben so vielfach und so glanzvoll als beim Schaumkalk. Da nun der Schaumkalk das specifische Gewicht des Aragonits hat, schwach geglüht das specifische Gewicht des Kalkspaths erhält und unter dem Mikroskop im polarisirten Lichte betrachtet, zeigt, dafs die früheren Individuen nun aus einer grofsen Menge kleiner bestehen, so scheint es mir hiernach nicht mehr zweifelhaft zu seyn, dafs der Schaumkalk Aragonit sey.

Der Schaumkalk bietet demnach das erste bekannte Beispiel einer Pseudomorphose des Aragonits dar. Sein Vorkommen in dem Gyps von Wiederstädt ist aber noch dadurch interessant, dafs die einzigen eingewachsenen ächten Krystalle des Aragonits, die man kennt, nämlich die von Aragonien und den Pyrenäen (*Bastennes*), wenn auch nicht in Gyps selbst, doch in einem Thone liegen, der sehr viel Gyps enthält. Wahrscheinlich sind daher auch diese durch Zersetzung des Gypses entstanden, aber die Zersetzung ist

hier wahrscheinlich durch Gewässer bewirkt worden, die zweifach kohlensaures Natron enthielten, wodurch sich zweifach kohlensaure Kalkerde gebildet hat, die von den Gewässern mit dem gebildeten schwefelsauren Natron fortgeführt wurde, und aus der sich erst später die neutrale kohlensaure Kalkerde selbstständig in der Form des Aragonits absetzte.

Der Schaumkalk ist aufser in Wiederstädt noch an mehreren anderen Orten im Mansfeldschen vorgekommen, doch ist er nach Freiesleben hier auf die Gegend von Hettstädt und Sangerhausen beschränkt [1]). Er findet sich ferner in der Gegend von Gera, namentlich zu Rubitz, wo er zuerst bekannt wurde, und unter dem Namen Hoppische Erde (*terra Hoppiana*) in den Handel kam [2]), und am Meifsner in Hessen. Im Mansfeldschen und in der Gegend von Gera kommt er stets in den oberen Gliedern der Zechsteinformation, in Thon, Asche, Stinkstein, Rauhstein, Rauchwacke und Gyps; am Meifsner in einer Mergelschicht im Muschelkalk vor. Da ich hier auf die muthmafsliche Bildung des Schaumkalkes als Aragonit nicht weiter eingehen will, und mir diefs für eine andere Gelegenheit verspare, so gehe ich auch hier auf das Vorkommen des Schaumkalkes nicht weiter ein, das ohne diefs von Freiesleben so ausführlich untersucht und beschrieben ist und beschränke mich hier nur darauf, die Stücke mit Schaumkalk etwas näher zu beschreiben, die sich in der hiesigen königlichen Mineraliensammlung befinden.

1. *Schaumkalk* von *Wiederstädt* bei Hettstädt. Gröfsere oder kleinere Blätter von Schaumkalk liegen einzeln oder zusammengehäuft in feinkörnigem Gyps [3]). Die kleineren

1) Freiesleben: Magazin für die Oryktographie von Sachsen; Heft 7, 1836, S. 122.

2) Freiesleben: Geognostischer Beitrag zur Kenntnifs des Kupferschiefergebirges, 1815, Th. 4, S. 351.

3) Ein Stück mit sehr grofsblättrigem Schaumkalk ist nach dem beiliegenden Zettel aus einem Steinbruche unter dem Jägerberge zwischen Wiederstädt und Sandersleben genommen.

Stücke sind vollständig, die gröfseren zuweilen auf die angegebene Weise nur stellenweise umgeändert. Der unveränderte Gyps ist dann oft sehr klar und durchsichtig und der Schaumkalk verläuft sich in ihm in den feinsten Streifen; zuweilen bildet er zwischen ihm nur eine dünne Schicht, die oben und unten von dem durchsichtigen Gyps umgeben ist. Nie aber hat der Gyps, er mag verändert seyn oder nicht, eine regelmäfsige Begränzung, es scheinen daher in der That nur Bruchstücke zu seyn, die in dem körnigen Gyps eingeschlossen sind. Durch welchen Umstand sie aber zerbrochen, und ob sie vor oder nach der Veränderung von dem körnigen Gyps eingeschlossen wurden, ist allerdings noch auszumachen. Mehrere Stücke sind mit feinem erdigen Gyps bedeckt, der eine röthlichweifse Farbe hat [1]).

2. *Schaumkalk* in Rauhstein eingeschlossen, nach dem beiliegenden Zettel bis jetzt nur einmal vorgekommen im Böhnerschacht des Kuxberger Reviers zwischen Eisleben und Hergisdorf [2]). 2 Exemplare. — Zollgrofse Stücke von Schaumkalk, zuweilen kleiner oder gröfser, liegen einzeln oder zusammengehäuft in dem Rauhstein. Sie sind sämmtlich unregelmäfsig begränzt, scheinen aber sämmtlich etwas zusammengedrückt zu seyn, da die Spaltungsflächen nicht eben, sondern etwas gefältelt oder wellenförmig gekrümmt erscheinen und überall mit ganz kleinen schwarzen Adern durchzogen sind. In Chlorwasserstoffsäure lösten sie sich mit einem sehr geringen Rückstand auf, der mit dem Glasstab gerieben, knirscht, und unter dem Mikroskop als ein

1) Diefs scheint Freiesleben's Schaumerde zu seyn, da er von ihr anführt, dafs sie in den Höhlungen des Gypses bei Oberwiederstädt vorkommt (Geogn. Beitr. etc. Bd. 2, S. 232). Sie braust aber nicht im mindesten mit Säuren, und ist nichts anderes als erdiger Gyps.

2) Eine Jahreszahl steht nicht auf dem Zettel, daher das jetzt nicht genauer zu bestimmen ist, vielleicht mag es etwa 1825 gewesen seyn als die Königl. Sammlung das Stück erhielt. Es ist diefs wohl eine ähnliche Varietät wie Freiesleben in seinem geogn. Beitrag Bd. 4, S. 353 sie beschreibt und sie auf dem Feuermaschinenschacht bei Burgörner vorgekommen ist.

Gemenge von Gypsblättchen mit mehr oder weniger regelmäfsig begränzten nicht selten aber aufserordentlich zierlichen Quarzkrystallen, die bei 360maliger Vergröfserung 2 bis 4 Linien Länge hatten, sich erwies. Offenbar haben sich diese Quarzkrystalle bei der Umänderung des Gypses erst gebildet. Die Gewässer, die diese Umänderung bewirkten, mufsten also nicht blofs kohlensaures Natron, sondern auch etwas Kieselsäure aufgelöst enthalten haben, die sich gleichzeitig mit der Bildung des kohlensauren Kalkes in Krystallen ausschied [1]).

Der Rauhstein, worin der Schaumkalk mehr oder weniger gedrängt liegt, ist von ganz schwarzer Farbe, matt und von unebenem Bruch. Vor dem Löthrohr erhitzt, wird er weifs, ohne zu brennen; in Chlorwasserstoffsäure löst er sich leicht mit Hinterlassung eines ziemlich bedeutenden schwarzen Rückstandes auf, der mit dem Glasstab gerieben knirscht, und der unter dem Mikroskop betrachtet aus Kohle, einigen kleinen Flimmern weifsen Glimmers und Sand besteht, aber durchaus keine mikroskopischen Krystalle von Quarz enthält. Die Auflösung gab mit Ammoniak keinen, und nach Ausfällung der kohlensauren Kalkerde mit oxalsaurem Ammoniak, mit phosphorsaurem Natron nur einen verhältnifsmäfsig sehr geringen Niederschlag. Dieser Rauhstein ist demnach nur ein mit Kohle und Sand gemengter, etwas Magnesia haltender Kalkstein.

3. *Schaumkalk aus dem Goldgrunde bei Cresfeld* unweit Eisleben. Einzelne unregelmäfsig begränzte Stücke Schaumkalk liegen in einem dichten rauhgrauen Stinkstein, der beim Zerreiben einen starken bituminösen Geruch verbreitet, und in Säuren mit Hinterlassung einer kohligen Substanz sich auflöst. Die Auflösung enthielt nur Kalkerde mit einer sehr geringen Menge Magnesia.

4. *Schaumkalk von Rubitz bei Gera.* Die Stücke von

1) Diese Beobachtung ist vielleicht auch deswegen bemerkenswerth, weil auch mit den Aragonitkrystallen, die in Thon eingeschlossen in Aragonien und den Pyrenäen vorkommen, sich sehr regelmäfsig gebildete, hier aber von Eisenoxyd roth gefärbte Quarzkrystalle finden (vergl. oben S. 167).

Schaumkalk sind nur klein, in der Regel nur 2 bis 3 Linien grofs, unregelmäfsig begränzt [1]) und liegen sehr gedrängt in einem grauen Stinkstein. Andere Probestücke sind ein Haufwerk solcher unregelmäfsig durcheinander liegender aber oft gröfserer Schaumkalkstücke ohne alle Grundmasse.

5. *Schaumkalk von Meifsner* in Hessen. Dünne mehr oder weniger grofse parallel fasrige, meistens etwas gebogene und ganz unregelmäfsig begränzte Stücke oder schuppig-erdige Parthien von Schaumkalk liegen in einem dolomitischen grauen Mergel. Dieser Schaumkalk hinterläfst beim Auflösen in Säuren noch eine gröfsere Menge überaus zierlicher mikroskopischer Quarzkrystalle als der Schaumkalk im Rauhstein vom Böhnerschacht. Der Mergel löst sich in Chlorwasserstoffsäure mit starkem Brausen und Hinterlassung einer grofsen Menge von Thon auf, die Auflösung enthält etwas Eisenoxyd, und neben Kalkerde viel Magnesia.

Von anderen Orten als aus der Gegend von Mansfeld, und von Gera und vom Meifsner, Orte, die schon Freiesleben anführt, ist kein Schaumkalk oder überhaupt nur eine anfangende Umwandlung des Gypses in kohlensauren Kalk bekannt. Auch habe ich in der Königl. Sammlung beim Gypse von der Art nichts gefunden, dagegen habe ich gesehen, dafs die regelmäfsigen Höhlungen in dem Gypse eine ganz gewöhnliche Erscheinung sind. So fand ich sie z. B. in einem etwas mit Thon gemengten Gyps von Rothenburg; die Höhlungen sind hier nicht immer regelmäfsig, oft nur zum Theil regelmäfsig; auch enthalten sie häufig Luft und eine Flüssigkeit, wahrscheinlich Wasser, eingeschlossen. Bei einem Stücke bemerkte ich auch in gröfseren rundlichen Höhlungen hexaëdrische Krystalle, wahrscheinlich von Steinsalz. Ich fand die regelmäfsig begränz-

1) Zuweilen müssen sie doch wohl regelmäfsig begränzt vorkommen, da Göthe bemerkt, dafs die in Rauchwacke liegende Rubitzer Schaumerde in sechsseitigen Tafeln krystallisire (Leonhard's Taschenbuch für die ges. Min. Jahrgang 3, S. 367). Diefs sind dann offenbar die tafelförmigen Krystallformen des Gypses.

ten Höhlungen ferner in dem bekannten Gypse von Aragonien, der zum Theil von Eisenoxyd roth gefärbt ist, und worin die erwähnten rothen Quarzkrystalle und die grofsen Krystalle von Aragonit eingewachsen vorkommen; am ausgezeichnetsten aber in einem klaren durchsichtigen Stücke Gyps von Valecas bei Madrid; sie sind hierin zum Theil so grofs, dafs man sie mit blofsen Augen sehen kann. In der Regel sind sie an diesem Stücke sehr in die Länge gezogen, nur an manchen Stellen sind die Flächen des verticalen Prismas kurz, aber hier sind die Höhlungen so gehäuft, dafs der Gyps an diesen Stellen schneeweifs und undurchsichtig erscheint. An einer anderen Stelle, die in Taf. II Fig. 5 dargestellt ist, ragen in die Höhlungen eine Menge fasriger oder nadelförmiger Krystalle von den Seiten aus hinein, die doch nur Gyps zu seyn scheinen, da sie mit der übrigen Masse zusammenhängen, aber doch mit dieser sich nicht in paralleler Lage befinden, was merkwürdig scheint. Es schien, als ob beim Zerspalten des Stückes, wobei das abgespaltete Stück, welches die nadelförmigen Krystalle enthielt, Risse bekam, sich diese Krystalle auch in anderen Höhlungen einstellten, daher die Höhlungen vielleicht mit einer Gypsauflösung angefüllt waren, welche krystallisirte, als die Höhlungen durch einen Rifs Luft bekamen, und die Flüssigkeit in ihnen verdunsten konnte.

Erklärung der Figuren auf Taf. II.

1) Krystallform des Gypses.
2) Form der Spaltungsstücke des Gypses.
3) Krystallform des Aragonits.
4) Regelmäfsige Verwachsung von Aragonit und Gyps im Schaumkalk von Wiederstädt bei Hettstädt.
5) Gypsplatte von Valecas bei Madrid mit eingeschlossenen regelmäfsig gestalteten Höhlungen und in dieselben hineinragenden nadelförmigen Krystallen von Gyps. 90malige Vergröfserung.
6) Gypsplatte von Wiederstädt mit regelmäfsig gestalteten Höhlungen. 360malige Vergröfserung.
7) Gypsplatte von Wiederstädt zum Theil in Schaumkalk umgeändert.
8) Rand eines dünnen Blättchens Schaumkalk. 360malige Vergröfserung.

II. *Ueber Schwingungsbewegung der Luft; von Hrn. Zamminer.*

1. Geschichtliche Einleitung.

Seit Daniel Bernoulli [1]) die Gesetze der Luftschwingungen in cylindrischen Röhren ihren Grundzügen nach erforschte, haben die Untersuchungen über die Schwingungsbewegung der Luft nur wenig neue Thatsachen ans Licht gebracht und noch weniger Anhaltspunkte zur Bestimmung der Tonhöhe beliebig gestalteter Luftmassen, welche durch Anblasen in Schwingung versetzt sind, geboten. Die Technik derjenigen musikalischen Instrumente, in welchen die Luft allein das tönende Material ist, kann noch bis heute so gut wie keinen Nutzen aus den von den Physikern gewonnenen Resultaten ziehen, und in dieser Beziehung ist die Theorie der Zungenpfeifen durch die mit bewundernswerthem Scharfsinn angestellte Untersuchung W. Weber's [2]) derjenigen der Flötenpfeifen vorangeeilt.

Was die mathematischen Entwicklungen über den gedachten Gegenstand betrifft, so haben sich dieselben bis jetzt auf die Bewegung der Luft in cylindrischen Röhren beschränkt, indem die Vereinfachungen, welche für die partiellen Differentialgleichungen aus der Annahme entspringen, dafs alle betrachteten Bewegungen nach einer einzigen Richtung erfolgen, also alle Theilchen in einem zur Axe des Cylinders rechtwinkligen Querschnitte sich gleichzeitig parallel bewegen, die Integration jener Gleichungen wesentlich erleichtert haben. Bekanntlich werden vermöge derselben die Geschwindigkeit v einer Luftschicht im Abstand x von dem Röhrenende, an welchem die Bewegung der Luft eingeleitet wird, und die Verdichtung s dieser Schicht zu einer Zeit t nach dem Beginn der Be-

1) *Mémoires de l'Académie de Paris*, 1762, 431.

2) Poggendorff's Ann. XVI, 193; XVII, 193.

wegung durch zwei willkürliche Functionsformen auf folgende Weise ausgedrückt:

$$\left.\begin{array}{l} v = f(x - at) + F(x + at) \\ as = f(x - at) - F(x + at) \end{array}\right\} (1).$$

Von diesen Gleichungen sind alle Analytiker, welche diesen Gegenstand seit Bernoulli behandelt haben, ausgegangen, und sie unterschieden sich nur durch die Bedingungen, welche sie für den Zustand der Luft an den offenen oder gedeckten Enden der Röhre annahmen, indem sie mittelst derselben die obigen allgemeinen Formen in der Weise näher bestimmten, dafs sie zur Vergleichung mit dem Experiment geeignet wurden.

Euler [1]) und Lagrange [2]) nahmen an, dafs an den offenen Röhrenenden keinerlei Verdichtung und Verdünnung der Luft eintrete, dafs aber die Geschwindigkeit und Ausweichungen der schwingenden Theile hier am gröfsten seyen; an dem geschlossenen Röhrenende nahmen sie absolute Unbeweglichkeit der angränzenden Luftschicht an, während hier, je in den Zwischenräumen einer halben Schwingungsdauer, gröfste Verdichtung mit gröfster Verdünnung abwechsle. Sie erhielten auf diese Weise Ausdrücke, welche die harmonische Oberreihe der cylindrischen Luftsäule einer beiderseits offenen Pfeife nach der Zahlenreihe

$$1, 2, 3, 4 \ldots .$$

diejenige einer an einem Ende geschlossenen Pfeife nach der Reihe

$$1, 3, 5, 7 \ldots .$$

fortschreitend ergaben, wie diefs auch Bernoulli bereits gefunden hatte.

Diese Theorie mufste jedoch als mangelhaft erscheinen, nachdem die Erfahrung gemacht war, dafs cylindrische Pfeifen nicht nur die durch die obigen Reihen gegebenen Schwingungszustände anzunehmen vermögen, sondern dafs sie tonverstärkende Resonanz auch für alle zwischen jenen

1) *Nov. Comment. Acad. Petrop. tom. XVI.*

2) *Mélanges physiques et mathématiques de la société de Turin, I* und *II.*

Stufen liegenden Töne geben, wenn auch in immer geringerem Grade, je weiter ein Ton sich von einem Gliede der obigen Reihe entfernt. Eine beiderseits offene Röhre giebt die beste Resonanz für alle diejenigen Töne, deren Viertelwelle in gerader Anzahl in der Länge der Röhre enthalten ist, die schwächste für solche, für welche eine ungerade Anzahl von Viertelwellen der Pfeifenlänge gleichkommt. Bei einerseits geschlossenen Röhren ist die Erscheinung gerade die umgekehrte.

Poisson [1]) glaubte daher von etwas weniger beschränkenden Annahmen ausgehen zu müssen. Er machte darauf aufmerksam, dafs schon darum die offenen Enden cylindrischer Pfeifen nicht absolut frei von Verdünnung und Verdichtung gedacht werden können, weil eine theilweise Uebertragung der Schwingungsbewegung in die umgebenden Lufträume stattfinde. Auch können die Böden, welche eine cylindrische Pfeife schliefsen, als elastische Körper nicht als absolut unbeweglich gelten. Da aber, wenn einmal der stehende Schwingungszustand eingetreten ist, sich constante Verhältnisse hergestellt haben müssen, so legte Poisson seinen Entwicklungen die Annahme zu Grunde, dafs sowohl an den offenen als an den gedeckten Röhrenenden, sich ein Verhältnifs

$$\frac{v}{a \cdot s} = c$$

zwischen Geschwindigkeit und Verdichtung herstelle; mit der Einschränkung allerdings, dafs an den offenen Enden c sehr grofs, an den gedeckten dagegen sehr klein sey, während Euler und Lagrange dieses Verhältnifs für den ersten Fall unendlich grofs, für den zweiten gleich Null angenommen hatten.

Es ist zu bedauern, dafs Poisson, welchem alle Mittel zu Gebote standen, einen so schwierigen Gegenstand erschöpfend zu behandeln, eigentlich doch nur einen Fall ins Auge fafste, welcher von den gewöhnlichen Fällen der Bewegung der Luft in cylindrischen Röhren ganz verschie-

1) *Mémoires de l'Académie roy. de France*, 1817, *Tome II*, 304.

den ist, ja welcher sich experimentell kaum realisiren läfst. Er that diefs, indem er annahm, dafs der Luftsäule an ihrem einen Ende eine Bewegung von ganz bestimmter Beschaffenheit, wie etwa durch eine den ganzen Querschnitt ausfüllende starre elastische Platte mitgetheilt werde, und liefs den Einflufs aufser Acht, welchen die Schwingungen der Säule rückwärts auf diejenigen des ersten Querschnitts äufsern müssen. Obgleich daher die Formeln, zu welchen er gelangte, das vor den Resultaten seiner Vorgänger voraus haben, dafs sie nicht nur die Schwingungszustände für die discreten Töne der harmonischen Oberreihe, sondern auch diejenigen für alle zwischenliegenden Töne und zwar mit ab- und zunehmender Stärke der Resonanz einschliefsen, so widersprechen sie doch dem Verhalten offener und gedeckter Pfeifen geradezu. Sie legen einer beiderseits offenen Pfeife die beste Resonanz bei für solche Töne, deren Viertelwelle in ungerader Anzahl in der Röhrenlänge enthalten ist, die geringste Resonanz dagegen für solche, von deren Viertelwelle die Pfeife eine gerade Anzahl enthält; das Experiment giebt bekanntlich das Umgekehrte. Ebenso widerspricht Poisson's Theorie der Erfahrung bezüglich der einerseits gedeckten Pfeifen.

Es ist bekannt, wie Hopkins [1]) sich bemühte, den hervorgehobenen Widerspruch auszugleichen, oder vielmehr den von Poisson angenommenen Fall zu verwirklichen, indem er Platten dicht unter der Mündung einer cylindrischen Pfeife schwingen liefs und den noch vorhandenen kleinen Zwischenraum mit einem flüssigen, an Platte und Pfeife adhärirenden Ring, schlofs. Er bestätigte die von Poisson gefundenen Gesetze der Resonanz und fand mittelst einer feinen, über einen Ring gespannten Membran, welche er in eine gläserne Orgelpfeife senkte, dafs, wie auch aus Poisson's Theorie folgt, die Knotenpunkte nicht Orte absoluter Ruhe, sondern nur geringster Bewegung der betreffenden Luftschicht sind, sowie dafs diese Knotenpunkte

1) *Transact. of the Cambridge Phil. Soc. Tom. V.* Poggend. Ann. XLIV, 246, 603.

in der That im Innern stets den Abstand einer halben Wellenlänge haben. Hopkins war bei diesen Versuchen noch auf einen Umstand aufmerksam geworden, welcher ihn zu einer weiteren Modification der Formeln bewog. Er hatte gefunden, dafs der erste Knotenpunkt vom oberen Ende einer offenen Pfeife um weniger als eine Viertelwelle absteht und nahm darum eine Verzögerung der reflectirten Welle am oberen Röhrenende oder die Zeit, welche die Welle zum Durchlaufen einer Röhre von der Länge l braucht, nicht $= \frac{l}{a}$, sondern $= \frac{l}{a} + c$ an, worin a die Geschwindigkeit des Schalles bedeutet.

Der letzte Bearbeiter des gedachten Problems, Quet [1]), hat sich den physischen Bedingungen der Schwingungsbewegung in cylindrischen Röhren noch inniger angeschlossen, indem er zwar, wie natürlich, auch eine äufsere erregende Ursache annahm, zugleich aber die Hypothese eines constanten Verhältnisses zwischen Geschwindigkeit und Verdichtung, wie sie Poisson auf das der Erregungsstelle entgegengesetzte Ende der Röhre anwendete, auch auf die Mündung selbst, an welcher die Erregung stattgefunden hat, ausdehnte. Er zeigte, dafs jene Annahme für die beiden offenen Enden einer Röhre eigentlich keine willkürliche ist, sondern dafs das constante Verhältnifs zwischen Geschwindigkeit und Verdichtung sich mit Nothwendigkeit aus dem Umstand ergiebt, dafs die reflectirte negative Welle niemals gleiche Intensität haben kann mit der positiven, welche durch Zurückwerfung in die negative umgewandelt wurde. Die Schlufsformeln, welche die Stärke der Resonanz ausdrücken, sind gerade durch den Umstand, dafs Quet die Mündung, an welcher die Erregung stattfand, als eine freie behandelte, wieder mit dem Experiment in Einklang gesetzt worden. Auf die von Hopkins hervorgehobene Thatsache, dafs die letzte Knotenfläche um weniger als $\frac{\lambda}{4}$ von der Röhrenmündung absteht, hat Quet

1) *Journ. des mathématiques pures et appliq. par Liouville, Tom. XX*, 1.

keine Rücksicht genommen, seine Formeln schliefsen daher diese niemals fehlende Eigenthümlichkeit der Luftschwingungen in cylindrischen Röhren nicht ein.

Wie man sieht, nähert sich die Analyse nur ganz allmählich der Lösung eines Problems, welches einfach zu nennen ist, im Verhältnifs zu der Aufgabe, die Schwingungen der Luft in anders als cylindrisch gestalteten, in ihren verschiedenen Theilen ungleich weiten und mit mehr oder minder grofsen Oeffnungen versehenen Räumen, durch Rechnung aus mechanischen Principien abzuleiten. Die Bewegung ist in allen diesen Fällen, insbesondere bei plötzlichen Verengungen oder Erweiterungen im Innern und an den Mündungen ein so complicirter Vorgang, dafs man wohl noch lange auf eine rein analytische Lösung wird verzichten müssen.

Um so mehr ist man bezüglich der Erforschung dieses Gegenstandes auf den experimentellen Weg hingewiesen, welcher seit Bernoulli namentlich von Savart [1]), Hopkins [2]), Wertheim [3]) und Masson [4]) betreten worden ist, wenn man von den Untersuchungen von Pellisov [5]), Liscovius [6]) und Sondhaufs [7]) absieht, welche sich theilweise auf unseren Betrachtungen fremde Fragen, wie auf das Mitschwingen der Pfeifenwand u. s. w. beziehen, theilweise aber auch von ungegründeten theoretischen Gesichtspunkten aus unternommen, oder endlich unter allzu speciellen Umständen angestellt wurden, um zu allgemeineren Aufschlüssen über die bei der Schwingungsbewegung der Luft herrschenden Gesetze führen zu können. In dieser letzteren Beziehung verdient namentlich hervorgehoben zu werden, dafs allen mit Orgelpfeifen gewöhnlicher Con-

1) *Annales de chim. et de physique, 2me série, tomes XXIV, XXIX, XXX, LIII, LXVII.*
2) Poggend. Ann. XLIV, 246 und 603.
3) *Annales de chim. et de physique, 3me série, XXXI,* 385.
4) *Annales de chim. et de physique, 3me série, XL,* 333.
5) Schweigger's Journal, Bd. LXVII und LXVIII.
6) Poggend. Ann. Bd. LVIII und LX.
7) Poggend. Ann. Bd. LXXXI, 235 und 347.

struction angestellten Beobachtungen die Anwendbarkeit auf die Bewegung in cylindrischen oder prismatischen Röhren überhaupt nothwendig abgeben mufs da die besondere Beschaffenheit des Mundstücks, welche die Pfeife als eine theilweise gedeckte erscheinen läfst, sowie die seitliche Lage der Mundöffnung, zu wesentlichen Störungen in der Bildung regelmäfsiger Schwingungsabtheilungen Veranlassung geben.

Den geistreichen Untersuchungen Savart's verdankt man das Meiste von dem, was den Resultaten Bernoulli's zugefügt worden ist. Er begründete den Satz der akustischen Aehnlichkeit, wonach starre oder gasförmige Massen aus gleicher Substanz und von geometrisch ähnlicher Form, auf gleiche Art in Schwingung versetzt, Töne geben, deren Schwingungsmenge homologen linearen Dimensionen umgekehrt proportional ist. Auf Luftmassen, welche von starren Wänden umschlossen sind, ist dieses schöne Gesetz nur dann anwendbar, wenn die geometrisch ähnliche Form sich nicht nur auf die Masse selbst, sondern auch auf die Oeffnungen erstreckt, durch welche sie mit der umgebenden Luft in Verbindung steht. — Savart überzeugte sich, dafs überall, wo ein Ton in theilweise oder ganz geschlossenen Räumen, wie in Zimmern, Gallerien oder nur von Mauern umschlossenen Höfen, dauernd angegeben wird, mittelst einer feinen resonirenden Membran Maxima und Minima der Schwingungsbewegung im Beharrungszustand aufgefunden werden können, so dafs demnach offenbar die Luftmassen durch Knotenflächen in verschiedene schwingende Abtheilungen geschieden sind. Je nach der Tonhöhe und dem Ort, wo die Tonquelle aufgestellt ist, ändern jene Knotenflächen ihre Lage und ihren Abstand; sie verschieben sich, wenn in der starren Umgränzung der Luftmasse etwas geändert, wenn in einem Zimmer z. B. ein Fenster geöffnet wird. Was aber besonders hervorgehoben zu werden verdient, ist der Umstand, dafs der Abstand zweier Knotenflächen oder Schwingungsminima unter den angeführten Umständen keine nachweisbare einfache Beziehung zur Wellen-

hälfte des erregten Stroms hat. Es kann darum keinem Zweifel unterliegen, dafs Aehnliches auch bei kleineren Luftmassen, welche durch Anblasen zum Tönen gebracht werden, eintrete.

Endlich hat Savart eine schon von Mersenne in unvollkommener Weise begründete Thatsache bestätigt, dafs die Tonhöhe cylindrischer Pfeifen bei zunehmender Weite dieser letzteren herabgeht, so dafs, wie der genannte Forscher sagt, das umgekehrte Verhältnifs der Tonhöhe und der Längen nur dann besteht, wenn der Durchmesser einer Pfeife mindestens 12 mal in ihrer Länge enthalten ist. Allein streng genommen ist dieses Verhältnifs niemals anwendbar, da, wie genauere Messungen zeigen, die Wellenhälfte des Tones die Länge der beiderseits offenen Röhre oder das Wellenviertel die Länge der einerseits geschlossenen Röhre stets um eine gewisse Gröfse übertrifft. Die Versuche Savart's über diese Frage haben die letzte Genauigkeit nicht erreichen können, weil dieser Physiker nicht etwa die Schwingungsmenge des Tones mit der Sirene oder dem Monochord bestimmte, sondern vielmehr diejenigen Töne aufsuchte, für welche die Röhren von gleicher Länge aber verschiedener Weite, die gröfste tonverstärkende Resonanz gaben. Jede Schätzung der Lage eines Maximums oder Minimums ist aber bedeutenden Ungenauigkeiten ausgesetzt, weil die Werthe der Functionen in der Nähe dieser Punkte sich nur wenig ändern.

Wertheim [1]) hat einige Versuchsreihen zur Entscheidung der Frage angestellt, um wieviel bei verschiedener Weite der Cylinder die Welle eines Pfeifentones länger sey, als das Doppelte der beiderseits offenen oder das Vierfache der einerseits geschlossenen Röhren, also wie grofs die Correctionen C und C' der Länge seyn müssen, damit den Gleichungen

$$2(L+C)=\frac{v}{n},\quad 4(L+C')=\frac{v}{n}$$

nügt werde, worin L die Länge des Rohres, v die Ge-

1) *Annales de chim. et de physique*, 3me *série*, *XXXI*, 385.

schwindigkeit des Schalles, n die Schwingungszahl des Tones bedeutet. Er glaubt sich überzeugt zu haben, dafs die Correctionen C und C' dem Durchmesser der Röhre einfach proportional und zwar:

bei beiderseits offenen Röhren $C = 0{,}663\,d$

bei mit Metall od. Glas einerseits gedeckt. Röhren $C' = 0{,}373\,d$

sey. Diese Werthe sind jedoch als Mittelzahlen aus Versuchen gewonnen, welche mehr von einander abweichen, als vermöge der Beobachtungsfehler anzunehmen ist, indem z. B. C zwischen den Gränzen $0{,}560\,d$ und $0{,}819\,d$, also im Verhältnifs von $2:3$, C' zwischen den Gränzen $0{,}319\,d$ und $0{,}431\,d$, also im Verhältnifs von $3:4$ schwankt. Wir werden unten auf diesen Punkt zurückkommen. Vermöge der Mittelwerthe giebt eine beiderseits offene Pfeife einen Ton, dessen Welle . . . . $= 2L + 1{,}323\,d$,

eine gleich weite und gleich lange, einerseits gedeckte Pfeife einen Ton, dessen Welle . . . . $= 4L + 1{,}492\,d$,

so dafs nur bei Röhren von unendlich kleinem Durchmesser das Verhältnifs $1:2$ beider Töne eintreten könnte.

Durch sehr umfangreiche Versuchsreihen suchte Wertheim zu erforschen, in welchem Verhältnifs die Tonhöhe herabgeht, wenn man bei beiderseits offenen Pfeifen einer der beiden Mündungen, bei einerseits gedeckten Pfeifen aber dem offenen Ende nicht den vollen Querschnitt läfst, sondern sie theilweise deckt. Es ist schon Bernoulli bekannt gewesen, dafs die nächste Folge einer solchen theilweisen Deckung in einer Verkürzung des an diese Mündung gränzenden und einer ebenso grofsen Verlängerung des an das ganz offene fallenden Wellenviertels ist und dafs demgemäfs die Tonhöhe herabsinkt; allein die physikalischen Bedingungen, welche sich einer Berechnung des neuen Schwingungszustandes zu Grunde legen liefsen, hat auch Wertheim nicht aufgefunden. Dieser Physiker giebt an, dafs, wenn die Verengung in der Weise geschah, dafs Deckel auf die cylindrische Pfeife aufgesetzt wurden, welche in der Mitte Oeffnungen von immer geringerer Weite ent-

hielten, die Tonhöhe nicht etwa blofs bis zur Gränze der tieferen Octave, sondern unbegränzt herabsank, oder vielmehr, dafs eine Gränze sich nur aus der allmählichen Schwächung des Tones ergab. Er stellte ferner empirische Formeln auf, welche die Resultate seiner Versuche in der Weise ausdrücken, dafs sie für jeden Grad der Verengung des Pfeifenquerschnitts angeben, um wieviel die Halbwelle oder Viertelwelle des Tones länger war, als die Länge der beiderseits offenen oder der einerseits gedeckten Pfeife. Diese Formeln sind:

$$2(L+C)=\frac{v}{n};\quad 4(L+C')=\frac{v}{n};$$

und es ist in denselben:

$$C=0,663\left(d-\frac{\delta}{2}+\frac{d^2}{2\delta}\right)$$

$$C'=0,373\left(d-\delta+\frac{d^2}{\delta}\right)$$

wo d den vollen Röhrendurchmesser, δ den Durchmesser der centralen Oeffnung der aufgesetzten Decke bedeutet. Diese Formeln geben für $\delta=0$ ein unendliches Herabsinken des Tones.

Die jüngste, äufserst umfangreiche Experimental-Untersuchung über Schwingungsbewegung der Luft rührt von Masson [1]) her. Derselbe untersuchte zunächst die Tonbildung beim Ausströmen der Luft durch enge kreisförmige Oeffnungen, ein Gegenstand, welcher auch Savart kurz vor seinem Tode beschäftigt hatte. Masson fand, dafs der austretende Luftstrahl eine Vibrationsbewegung annimmt, und die Schwingungsmenge der Quadratwurzel aus der mittelst einer Wassersäule gemessenen Druckhöhe oder einfach der Ausflufsgeschwindigkeit proportional, von der Weite der Oeffnung aber unabhängig war. Als er nun unmittelbar über den kreisförmigen Oeffnungen cylindrische Röhren anbrachte, erhielt er verstärkte Töne der mannichfaltigsten Art. Um die innere Eintheilungsart der Luftsäule mit der aus der Tonhöhe abgeleiteten Wellenlänge

1) *Annales de chim. et de physique*, 3me *série*, *XL*, 333.

zu vergleichen, glaubte Masson nicht das von Bernoulli angewendete Mittel eines verschiebbaren Kolbens zur Auffindung der Knotenflächen benutzen zu dürfen, weil er der Ansicht war, daſs der Schwingungszustand im Innern durch den Eintritt eines starren Körpers wesentlich modificirt werden könne. Bei der von ihm angewendeten Art des Anblasens muſste ein eingesenkter Kolben in der That hinderlich seyn. Er suchte darum vielmehr die Abstände der Schwingungsbäuche dadurch zu bestimmen, daſs er an den Röhren, welche meist aus Gutta-Percha bestanden, Oeffnungen anbrachte, welche leicht wieder verschlossen werden konnten und daſs er dieses Verfahren so lange fortsetzte, bis er die Stellen getroffen hatte, welche ohne merkliche Störung des jedesmaligen Schwingungszustandes seitlich geöffnet werden durften. Die Abstände zweier nächstgelegenen Schwingungsbäuche stimmten unter allen Umständen nahe mit der berechneten Halbwelle des Tones überein. Nur in der Nähe der kreisförmigen Oeffnung, an welcher die Tonerregung statthatte, fand sich jedesmal eine kürzere Abtheilung. Die übrigen, so zahlreichen Resultate, welche Masson aus dem massenhaften Beobachtungsmaterial ableitete, übergehen wir hier, weil es scheint, als ob der genannte Physiker dabei nicht von richtigen theoretischen Gesichtspunkten ausgegangen sey. Es dürfte sich dieſs unter Anderem daraus ergeben, daſs er die an die Erregungsstelle gränzende kürzere Abtheilung als eine Welle betrachtet, welche von zwei Schwingungsbäuchen begränzt sey, ohne dazwischenliegende Knotenfläche, offenbar eine physische Unmöglichkeit. Natürlich konnte Masson die sehr nahe an die Erregungsstelle gränzende Knotenfläche bei der von ihm gewählten Untersuchungsmethode nicht auffinden.

2. Beobachtungen an cylindrischen Pfeifen.

Bei den Versuchen, welche ich über die Schwingungen der Luft in engen Räumen anstellte, rief ich diese Bewegung durch Anblasen mittelst cylindrischer Röhrchen, welche

vorn abgeplattet und zu einer feinen Spalte ausgebreitet waren, hervor. Der bandförmige Luftstrom wurde über die betreffende Oeffnung gegen den gegenüberliegenden Rand derselben getrieben. Ich überzeugte mich von der Richtigkeit der Beobachtung Wertheim's, dafs es für die Tonhöhe gleichgültig ist, ob der Strom die ganze Breite der Oeffnung hat, oder nur in einem schmalen Streifen über dieselbe hingeht; meist sprachen die Töne bei der letzten Art des Anblasens leichter an. Uebrigens fand ich es vortheilhaft, Anblaseröhren von verschiedenem Caliber der linienförmigen Mündung anzuwenden. Die tieferen Töne wurden leichter durch einen weiter ausgebreiteten dünnen Strom, die höheren Aliquottöne dagegen durch einen schmaleren, aber dickeren Strahl hervorgerufen.

Zur Messung der Tonhöhen diente ein nach W. Weber's Beschreibung construirtes und nach gütigen Privatmittheilungen desselben noch verbessertes Monochord. Um mich der Genauigkeit der Messung zu versichern, bestimmte ich die Tonhöhe dreier Stimmgabeln, jede durch mehrere Versuche, indem ich jedesmal die Belastung so lange änderte, bis die Schwebungen verschwanden, welche die tönenden Gabeln mit der angeschlagenen Seite gaben.

		Der Saite		Gewicht. Milligr.	Schwingungsmenge des Tones.	Abweichung vom Mittel.
		Spannung.	Länge.			
Erste Gabel	1	4740gr	322,8mm	196,6	427,96	+ 0,10
	2	4759	324,4	196,6	427,77	— 0,10
Zweite Gabel	1	4779	311,9	190,1	444,59	— 0,06
	2	5619	338,8	205,7	444,72	+ 0,06
Dritte Gabel	1	5859	350,6	211,0	440,72	+ 0,57
	2	5269	331,9	202,5	440,00	— 0,15
	3	6019	354,1	215,5	439,20	— 0,95
	4	5419	335,1	204,2	440,70	+ 0,55

Bei diesen Versuchen war das schwingende Stück der Saite jedesmal scharf an den Klemmen abgeschnitten und gewogen worden. Diese Methode wandte ich zwar in der Folge nicht an, allein ich hatte mich von der durchgängig gleichartigen Beschaffenheit der Saite hinlänglich überzeugt,

um dessen nicht zu bedürfen. Zudem schnitt ich, wenn einige Versuchsreihen beendet waren, jedesmal das Stück, welches bei den Versuchen gedient hatte, genau auf einen Meter Länge ab und wog dasselbe. Vor den Versuchen war die ganze Saite, welche ein Gewicht von 7870 Grammen zu tragen vermochte, jedesmal mehrere Tage einer Belastung von 7000 Grammen ausgesetzt, während bei den Versuchen selbst ihre Spannung die Gränze von 5000 Grammen nicht überschritt. Um die Verlängerung der so präparirten Saite bei zunehmender Belastung kennen zu lernen, stellte ich die folgende Versuchsreihe an, bei welcher die Längen zwischen zwei bestimmten Punkten der Saite mittelst des Kathetometers gemessen wurden.

Spannungen. Grm.	Ablesung am Kathetometer. Millim.	Spannungen. Grm.	Ablesung am Kathetometer. Millim.
6670	23,1	3670	26,0
6170	23,6	3170	26,4
5670	24,2	2670	26,9
5170	24,6	2170	27,5
4670	25,1	1670	27,9
4170	25,6	1170	28,4

Da die Stahlsaite bei 1170 Grm. Belastung eine Länge von 1349,2 Millim. hatte, und die Ausdehnung für eine Zunahme der Spannung von 5500 Grm. 28,4 — 23,1 = 5,3 Millim. betrug, so folgt, dafs das Gewicht der Längeneinheit für eine Spannungsveränderung von 1000 Grm. sich im Verhältnifs von

$$1 : 1,000728$$

ändere. In einer zweiten Versuchsreihe wurde dieses Verhältnifs gleich 1,000769, im Mittel also zu 1,000748 gefunden. Hieraus konnte mit grofser Annäherung das Gewicht eines Saitenstückes bei jeder Spannung berechnet werden, wenn man es bei einer einzigen Belastung gemessen hatte.

Bei der Bestimmung der Pfeifentöne war es zu schwierig, die Saite des Monochords nach Schwebungen abzu-

stimmen. In den meisten Fällen wurden daher zwei Beobachtungen so gemacht, dafs zuerst der Saitenton tiefer genommen und allmählich bis zum Gleichklang mit der Pfeife erhöht, dann aber der Saitenton höher gewählt und allmählich auf den Ton der Pfeife erniedrigt wurde. Es geschah zwar nicht selten, dafs die Schwingungsmenge bei der ersten Bestimmung gröfser gefunden wurde, als bei der letzten, immer aber lagen die beiden Werthe so nahe zusammen, dafs die Differenz für den Zweck der Untersuchung als völlig unerheblich gelten konnte und niemals wurden Mittel aus Werthen genommen, welche um mehr als etwa zwei Schwingungen auf 100 von einander abwichen. Um die Wellenlängen berechnen zu können, war in der Nähe der tönenden Apparate ein Thermometer aufgehängt. Der Feuchtigkeitsgehalt der Luft wurde jedoch nicht bestimmt und um den aus dieser Vernachlässigung entspringenden Fehler, welcher jedoch unter allen Umständen nur gering seyn konnte, einigermafsen auszugleichen, wurde die Schallgeschwindigkeit so angenommen, wie sie in einer bei der beobachteten Temperatur zur Hälfte mit Wasserdampf gesättigten Luft hätte seyn müssen.

Um zu erfahren, ob der mittelst des Anblasens über die Pfeifenmündung getriebene Luftstrahl eine Modification des Schwingungszustandes an dieser Stelle verursache, reichte es hin, zu untersuchen, ob, bei sonst gleicher Beschaffenheit der beiden Enden eines cylindrischen Rohrs, die Knotenflächen im Innern eine symmetrische Lage gegen die Enden beibehielten. Aus vielen Messungen, welche zur Entscheidung dieser Frage dienen können, hebe ich die folgenden hervor.

Das cylindrische Messingrohr *A* hatte 501^{mm} Länge, 25^{mm} inneren, $27^{mm},4$ äufseren Durchmesser, es war innen sorgfältig ausgeschliffen und ein aus Lederscheiben bestehender, vorn mit einer abgeschliffenen Messingscheibe versehener Kolben liefs sich luftdicht in dem Rohre verschieben. Nachdem die Saite des Monochords auf den betreffenden

Ton abgestimmt war, wurden die Knotenflächen auf die bekannte Weise bestimmt.

1. *Grundton* des beiderseits offenen Rohres.

	Abstand des Knotens vom angeblasenen Ende.	Abstand des Knotens vom zweiten Ende.
1. Versuch	251	250
2. »	252	249
Mittel	251,5.	249,5.

2. *Zweiter Oberton* des oben und unten mit Oeffnungen von 5^{mm} Durchm. versehenen Rohres.

Abstände der Knotenflächen vom angeblasenen Ende:

Erster Versuch	Zweiter Versuch	Dritter Versuch	Mittel.	Länge der Abtheilungen.	Berechnete Halbwelle.
36,8	35,0	36,5	36,1	36,1	
251,5	250,0	251,0	250,8	214,7	216,3
465,5	466,0	467,0	466,2	215,4	
501,0	501,0	501,0	501,0	34,8	

3. *Dritter Oberton* des oben und unten mit Oeffnungen von 5^{mm} Durchm. versehenen Rohres.

Abstände vom angeblasenen Ende.	Länge der Abtheilungen.	Berechnete Halbwelle.
21	21	
175	154	
329	154	154,9
482	153	
501	19	

Nach diesen Erfahrungen wird die an das angeblasene Ende gränzende Abtheilung etwas verlängert, jedoch so wenig, dafs wir in den folgenden Betrachtungen auf diesen Einflufs keine Rücksicht zu nehmen haben. Wenn der Kolben soweit eingeschoben ist, dafs nur noch die erste Abtheilung tönt, so ist der Ton unstet, wie bei allen kurzen Pfeifen mit enger Mundöffnung, und die Bestimmung der Lage dieser Knotenfläche hat darum nicht die Sicherheit, wie die der übrigen.

Es bestätigt sich durch die obigen Versuche die von anderen Physikern gewonnene Erfahrung, dafs die inneren Knotenabstände in *cylindrischen* Pfeifen, seyen diese nun beiderseits offen oder in beliebiger Weise an den Mündungen verengt, stets der Halbwelle des betreffenden Tones gleich sind.

Für die Vergleichung der Röhrenlänge mit der Halbwelle des Tones ergaben Messungen mit beiderseits offenen Cylindern aus Weifsblech oder Glas folgende Resultate:

Cylinder.	Länge l.	Durchmesser d.	Halbwelle $\frac{1}{2}\lambda$.	$\frac{\frac{1}{2}\lambda - l}{d}$	
	mm	mm	mm		
1	501	25	522,2	0,848	0,804
2	200	10	207,6	0,760	
3	300	19,4	314,1	0,720	0,671
4	374	24,6	389,3	0,622	
5	200	19,7	211,1	0,563	0,596
6	300	38,8	324,3	0,629	
7	200	39,0	220,8	0,533	0,547
8	300	58,8	333,0	0,561	
9	200	58,6	228,9	0,493	0,493

Diese Versuchsreihe bestätigt die Annahme Wertheim's, wonach der Ueberschufs der Halbwelle über die Röhrenlänge immer ein gleicher aliquoter Theil des Röhrendurchmessers seyn soll, nicht, sondern läfst erkennen, dafs die Correction verhältnifsmäfsig um so gröfser ausfällt, je öfter der Durchmesser der Röhren in ihrer Länge enthalten, je enger also, nach dem Sprachgebrauch der Orgelbauer, die *Mensur* der Pfeifen ist. Man wird daher eine Correctionsformel von folgender Form:

$$C = \left(a + b \cdot \frac{l}{d} + c\frac{l^2}{d^2}\right) d$$

anwenden müssen. Durch den Ausdruck

$$C = \left(0{,}556 - 0{,}0066\frac{l}{d} + 0{,}00095\frac{l^2}{d^2}\right) d$$

werden, wie die folgende Zusammenstellung zeigt, die Ueberschüsse der Halbwellen über die Röhrenlängen in obigen Versuchen besser wiedergegeben, als durch die von Wertheim angewendete Correction.

Unterschied zwischen der Halbwelle und der Röhrenlänge.

	Beobachtet	Berechnet	
Cylinder.	Millimeter.	nach Wertheim. Millim.	nach obiger Interpolationsformel. Millim.
1	21,2	16,6	20,0
2	7,6	6,6	8,0
3	14,1	12,9	13,4
4	15,3	16,3	16,5
5	11,1	13,0	11,6
6	24,3	25,8	21,8
7	20,8	25,9	21,3
8	33,0	39,0	32,2
9	28,9	38,8	31,9

Man kann übrigens die hier angewendeten Interpolationsformel eine allgemeinere Anwendbarkeit nicht beilegen und nur diefs dürfte sich als allgemeines Resultat ergeben, dafs bei engerer Mensur die der Röhrenlänge zuzusetzende Gröfse einen gröfseren aliquoten Theil des Durchmessers ausmacht, als bei Röhren von weiter Mensur.

Die Beobachtungen mit einerseits geschlossenen Cylindern gaben folgende Resultate:

No.	l. Millim.	d.	$\frac{\lambda}{4}$	$\frac{\lambda}{4} - l$.	$\frac{l}{d}$	$\frac{\frac{\lambda}{4} - l}{d}$	
1	501	25	517,3	16,3	20	0,652	} 0,601
2	200	10	205,5	5,5	20	0,550	
3	300	19,4	310,1	10,1	15,4	0,521	
4	374	24,6	.	.	.	.	
5	200	19,7	208,8	8,8	10,2	0,447	
6	300	38,8	310,8	10,8	7,73	0,280	
7	200	39,0	210,5	10,5	5,12	0,269	
8	300	58,8	316,7	16,7	5,1	0,284	
9	200	58,6	211,0	11,0	3,4	0,188	

Auch hier bestätigt sich, dafs die Verlängerung der schwingenden Säule über das offene Ende der Röhre hinaus keineswegs dem Durchmesser einfach proportional, dafs sie vielmehr ein um so geringerer aliquoter Theil desselben

ist, je weitere Mensur die Pfeife hat. Nur die Beobachtung No. 8 paſst nicht ganz in die Reihe; bei ihr ist offenbar ein Fehler untergelaufen.

Vergleicht man die Wellenlängen der Töne obiger Cylinder, wenn sie offen oder einerseits gedeckt angewendet wurden, miteinander:

Cylinder.	Beiderseits offen.	Einerseits gedeckt.	Verhältniſs.
1	1044,4	2069,2	1,9812 }
2	415,2	822,0	1,9797 }
3	628,2	1240,4	1,9745
4	778,6	.	.
5	422,2	835,2	1,9777
6	648,6	1243,2	1,9167
7	441,6	842,0	1,9067 }
8	666,0	1266,8	1,9021 }
9	457,8	844,0	1,8436

so ergiebt sich, daſs der musikalische Abstand je zweier entsprechender Töne niemals völlig einer Octave gleichkommt und daſs die Abweichung von diesem Intervall um so gröſser ausfällt, je weiter die Mensur des Cylinders ist.

Wäre die Welle im Beharrungszustand des Tönens genau der doppelten Länge des beiderseits offenen Cylinders oder der vierfachen Länge des einerseits geschlossenen Cylinders gleich, hätte also die Luft unmittelbar an der offenen Mündung genau die atmosphärische Dichte, so würde der Ton einer solchen Pfeife, so lange Temperatur und Feuchtigkeitsgehalt der Luft sich nicht änderten, auch ein absolut constanter seyn. Bekanntlich ist dieſs aber nicht der Fall, sondern es gelingt immer, denselben durch stärkeres Blasen etwas in die Höhe zu treiben. Die obere Gränze aber ist dadurch gegeben, daſs die Wellenhälften oder die Wellenviertel nicht kürzer werden können, als die offenen oder gedeckten Röhren selbst. Nach der Tiefe hin existirt eine solche Gränze eigentlich nicht und sie ergiebt sich bei immer schwächerem Blasen practisch nur dadurch, daſs der Ton endlich zu schwach wird, um noch gehört zu werden

Der Cylinder *A* wurde in einer folgenden Versuchsreihe mit Deckeln aus Messingblech von 1,2 Millim. Stärke versehen, welche centrale kreisförmige Oeffnungen von verschiedener Weite hatten. In der ersten Reihe geschah diese theilweise Deckung nur auf einer Seite, die andere blieb offen, in der zweiten Reihe war diese letztere völlig geschlossen, in der dritten Reihe endlich war die theilweise Deckung von gleichem Betrage auf beiden Seiten angebracht.

Die Saite des Monochords blieb während dieser Versuche constant mit 5000 Grm. Gewicht gespannt. Ein Meter der Saite wog 612 Milligrm. Da die Temperatur constant 16°,3 C. war, so betrug die Schallgeschwindigkeit 342535^{mm}, wenn man die Luft mit Feuchtigkeit halb gesättigt und die Geschwindigkeit des Schalles in der trocknen Luft bei 0° zu 332250^{mm} annimmt. In der folgenden Tafel sind die beobachteten Saitenlängen *s*, welche mit der Pfeife gleichen Ton gaben, ferner die daraus abgeleiteten Halbwellen und Viertelwellen angegeben, sowie endlich die Länge dieser Wellen, wie sie aus Wertheim's empirischer Formel (S. 182) folgen.

Centrale Oeffnung in Millimetern.	Einerseits offen, andererseits theilweise gedeckt.			Einerseits geschlossen, andererseits theilweise gedeckt.			Beiderseits theilweise gedeckt.		
	s.	beob. $\frac{\lambda}{2}$	nach Wertheim.	*s*.	beob. $\frac{\lambda}{4}$	nach Wertheim.	*s*.	beob. $\frac{\lambda}{2}$	nach Wertheim.
25	430,9	521,8	516,6	853,4	517,0	509,3	430,9	521,8	516,6
20	434,5	526,4	521,3	855,5	518,3	514,5	437,3	529,8	528,0
15	441,6	535,0	526,4	861,2	521,7	520,3	448,5	543,5	539,6
12	447,0	541,6	530,8	870,8	527,6	525,3	466,1	564,7	549,6
10	452,6	548,4	534,9	880,9	533,7	529,8	473,5	573,7	558,8
8	472,0	571,9	540,8	908,0	550,1	536,5	518,5	628,2	572,0
5	506,8	614,1	557,4	982,1	595,0	555,1	586,5	710,7	609,2

Wertheim giebt an, dafs der Ton der Pfeifen, während der Durchmeser der centralen Oeffnung des Deckels nach und nach bis zu Null verkleinert wurde, ins Unbestimmte herabsank, und nicht etwa nur bis zur tieferen

Octave, wie man doch in der That erwarten sollte. Ich konnte die Richtigkeit dieser Bemerkung keiner Prüfung unterwerfen, weil der Ton bei der kleinsten in obiger Tafel angegebenen Oeffnung schon so schwach geworden war, dafs ich nicht glaubte, weiter gehen zu dürfen, wenn ich der Resultate sicher seyn wollte. Bei einer centralen Oeffnung von 2 oder von 1 Millim. Durchmesser gelang es mir nicht, den Grundton irgend hörbar zu machen.

Die empirische Formel Wertheim's schliefst sich an die aus der Beobachtung abgeleiteten Werthe der Wellenlängen nicht an, und es ist, wenn man die Art ins Auge fafst, wie die erregenden Schwingungen des über die centrale Oeffnung getriebenen Luftstroms auf die innerhalb befindliche Säule wirken, überhaupt wenig wahrscheinlich, dafs man mit einer so einfachen Ansicht, wie sie der Wertheim'schen Formel zu Grunde liegt, ausreicht. Diese ist aber offenbar keine andere, als dafs durch die fortschreitende Deckung ein immer gröfserer Theil des zunächst an das gedeckte Ende gränzenden Wellenviertels abgeschnitten werde, welches durch die angebrachte Correction wieder zugesetzt wird und dafs diese Correction unabhängig sey von der Länge des cylindrischen Rohrs. Aber offenbar wirkt die Verengung der Mündung bis zu einem nämlichen aliquoten Theil um so stärker auf Erniedrigung des Tones, je kürzer die Röhre ist.

Bei den Versuchen der dritten Reihe lag die Knotenfläche in der Mitte des Rohrs und die beiden Hälften tönten wie einerseits ganz geschlossene, andererseits theilweise gedeckte Röhren von der halben Länge, ähnlich wie bei der zweiten Versuchsreihe, wo im Uebrigen die Umstände die gleichen waren. Vergleicht man aber die Unterschiede $\frac{\lambda}{4} - l$ und $\frac{\lambda}{4} - \frac{l}{2}$ in diesen beiden Fällen, so findet man eine bedeutende Verschiedenheit, wo nach Wertheim Gleichheit vorhanden seyn müfste:

Oeffnung.	$\frac{\lambda}{4} - l$ aus der zweiten Reihe.	$\frac{\lambda}{4} - \frac{l}{2}$ aus der dritten Reihe.
25	16,0	10,4
20	17,3	14,3
15	20,7	21,2
12	26,6	31,8
10	32,7	36,3
8	49,1	63,6
5	94,0	105,3

Sobald die Verengung der Mündung einigermaſsen erheblich wird, überwiegt ihr Einfluſs bei der kürzeren Welle entschieden. Ich will übrigens nicht unternehmen, eine andere empirische Formel an die Stelle der Wertheim'schen vorzuschlagen, da zu diesem Zwecke Messungen mit weit gröſserer Variirung der Umstände vorangegangen seyn müſsten.

Aus der Vergleichung der Wellen der in den beiden ersten Röhren erhaltenen Töne

Oeffnung.	Welle bei beiderseits offenem Ende.	Welle bei einerseits geschlossenem Ende.	Verhältniſs.
25	1043,6	2068,0	1,9814
20	1052,8	2073,2	1,9690
15	1070,0	2086,8	1,9504
12	1083,2	2110,4	1,9481
10	1096,8	2134,8	1,9464
8	1143,8	2200,4	1,9238
5	1228,2	2380,0	1,9378

ergiebt sich, daſs das Verhältniſs der Octave zwischen der offenen und der gedeckten Pfeife, in der Annäherung, wie es bei ganz freier Anblasemündung besteht, auch bei Verengerung derselben fast ungeändert fortdauert. Etwas gröſser wird indessen die Abweichung von jenem Intervall bei zunehmender Verengung.

Um zu untersuchen, in welcher Weise die harmonischen Obertöne durch das Uebergreifen der Schwingungsbewegung über die Mündung cylindrischer Röhren, sowie durch

theilweise Deckung dieser Mündungen afficirt und ob etwa das einfache harmonische Verhältnifs zum Grundton durch diese Umstände gestört werde, wurden zunächst dem Glasrohre *B*, welches 928^{mm} lang war und 22^{mm} inneren Durchmesser hatte, der Grundton und die 5 ersten Obertöne entlockt. Da es sich hier nur um Verhältnifszahlen handelt, so theile ich nur die Längen der gleich gestimmten Saiten mit. Der Grundton wurde mit besonderer Sorgfalt bestimmt und auch die Obertöne nach dem oben angedeuteten Verfahren doppelt gemessen.

Grundton.	Obertöne: Erster	Zweiter	Dritter	Vierter	Fünfter
784,4	393,1	261,2	194,8	156,4	129,8
783,7	391,1	259,7	193,9	155,6	128,9
784,6	392,1	260,5	194,4	156,0	129,4
783,4					
Mittel 784,0					

Vergleichung.

Grundton.	Berechnet.	Beobachtet.	Unterschied.
—	—	784	—
1 Oberton	392	392,1	+ 0,1
2 »	261,3	260,5	— 0,8
3 »	196,0	194,4	— 1,6
4 »	156,8	156,0	— 0,8
5 »	130,7	129,4	— 1,3

Die Differenzen sind zwar aufser der ersten sämmtlich negativ, allein sie wachsen nicht regelmäfsig und erklären sich vielleicht theilweise daraus, dafs der Grundton in dem engmensurirten Rohre nur bei schwachem Blasen ansprach und leicht etwas zu tief gefunden werden konnte. Jedenfalls stehen die Obertöne äufserst nahe in reinem harmonischem Verhältnisse zu dem Grundton.

Dieser Satz leidet aber keine Anwendung mehr, wenn eine Verengung der Pfeifenmündung stattfindet. Das Glasrohr *C* von 706^{mm},5 Länge und 56^{mm},5 inneren Durchmesser, gab, als es einerseits mit Deckeln von starkem Eisenblech

geschlossen wurde, welche centrale kreisförmige Oeffnungen von 12, 9 und 4mm enthielten, die folgenden Oberreihen:

Töne.	Beiderseits ganz offen.	Einerseits ganz offen, andererseits Oeffnungen von					
		12mm		9mm		4mm	
			Prod.		Prod.		Prod.
Grundton	486	635	635	654	654	742	742
1. Oberton	243	285,6	571,2	297	594	309	618
2. »	162	182,7	548,1	183	549	187,8	563,4
3. »	121,5	133,9	535,6	134	536	137,5	540,0
4. »	97,2	105,0	525,0	106,5	532,5	107,0	535,0
5. »	81,0	.	.	87,0	522,0	.	.

Bei beiderseits ganz offener Pfeife wurde nur der Grundton beobachtet, die Obertöne sind berechnet. Neben den bei verschiedenen engen Oeffnungen beobachteten Oberreihen sind die Producte der Saitenlänge mit den einfachen harmonischen Verhältnifszahlen angegeben, damit man deutlich erkenne, dafs zwar auch die Obertöne bei theilweiser Deckung der Pfeifenmündung ebenfalls tiefer werden, sich aber von den entsprechenden Obertönen der offenen Pfeife um so weniger unterscheiden, von je höherer Ordnung der Oberton ist. Durch Deckung bis auf eine Oeffnung von 9mm Durchmesser ist der Grundton der Pfeife um eine Quarte, der fünfte Oberton aber kaum mehr als einen halben Ton tiefer geworden. Dafs es nicht anders seyn könne, liegt zu Tage, da die inneren zwischen zwei Knotenflächen liegenden Abtheilungen in cylindrischen Röhren unter allen Umständen einer Halbwelle gleichkommen und die durch die Deckung hervorgerufene Verkürzung des letzten Wellenviertels einen immer kleineren Theil der ganzen Röhrenlänge trifft.

Da die obigen Messungen mittelst eines horizontalen Monochords gemacht worden waren, also die Berechnung der Wellenlängen nicht gestatten, so wurde Eine Reihe mit Benutzung des Weber'schen Monochords wiederholt.

Die Temperatur war 12°,5; die Spannung 5000^{gr}; das Gewicht von 1 Meter Saitenlänge 612^{mgr}.

Töne.	Ganz offen		Oeffnung von 9^{mm}		$L + \frac{C}{2}$	$(2n+1)\frac{\lambda}{4}$	Unterschiede.	
	Saitenlänge.	Halbwelle.	Saitenlänge.	Halbw. $\frac{\lambda}{2}$				
Grundton	618,9	744,8	844,3	1016,1	725,8	508	217,8	290,5
1. Oberton	309,4	372,4	373,2	449,3	725,8	673,9	51,9	172,7
2. »	206,3	248,3	238,4	286,9	725,8	717,2	8,6	134,8
3. »	154,7	186,2	171,6	206,5	725,8	722,7	3,1	100,1
4. »	123,8	150,0	133,5	160,6	725,8	722,7	3,1	77,1

Der Durchmesser der Röhre ist 56^{mm},5, die Correction wegen Uebergreifens der Schwingungen über die Röhrenmündungen daher $C = 0{,}68 \,.\, 56{,}5 = 38{,}7$. Bei gedeckter Röhre ist aber hiervon nur die Hälfte der Röhrenlänge L zuzusetzen. Zieht man von der so corrigirten Länge $= 725{,}8$ den Betrag von $(2n+1)\frac{\lambda}{4}$ ab, wo n die Stufenzahl des Obertones bedeutet, bei dem Grundton also $= 0$ zu setzen ist, so erhält man die Gröfse der an die enge Oeffnung gränzenden Abtheilung. Die letzte Spalte enthält die Stücke, um welche man sich durch die Wirkung der Deckung die Röhre verlängert denken kann. Sie sind um so kleiner, von je höherer Ordnung der Oberton ist.

Als unzweifelhaftes Resultat ergiebt sich aus obigen Beobachtungen, dafs die Obertöne theilweise gedeckter Pfeifen ein reines harmonisches Verhältnifs zum Grundton nicht besitzen. Bei den Orgelpfeifen, welche sämmtlich als theilweise gedeckte zu betrachten sind, ist dieser Umstand von keinem Belang, weil bei ihnen die Obertöne nicht zur Anwendung kommen. Dagegen müfste er bei der Flöte, deren Mundloch nur etwa das halbe Lumen hat, wie die Bohrung der Röhre, störend wirken, wenn ihm nicht durch ein empirisch aufgefundenes Mittel begegnet wäre. Bekanntlich befindet sich bei der Flöte oberhalb des Mundlochs noch eine Kammer, welche durch einen verschiebbaren Pfropf vergröfsert oder verkleinert werden kann. Die in dieser Kammer befindliche Luft bewirkt durch ihre Betheiligung an

der Schwingungsbewegung ein Tieferwerden des Tones, aber dieser Einflufs ist nur gering auf den Grundton, er wird um so gröfser, je kürzer die im Flötenrohr zunächst dem Mundloch schwingende Abtheilung, von je höherer Ordnung also der Oberton ist.

Um diese Compensation an einem Beispiel kennen zu lernen, liefs ich ein cylindrisches Rohr von Weifsblech 557^{mm} lang und 20^{mm} weit in ein rechteckiges Holzklötzchen einschieben und durch dieses eine Bohrung von ebenfalls 20^{mm} Weite rechtwinklig gegen die Axenrichtung des Rohres einsenken, so dafs ich auf diese Weise ein seitliches Mundloch von der vollen Weite des Cylinders erhielt. Plättchen von Eisenblech mit Bohrungen von 15, 14 und 10^{mm} Weite konnten auf die Fläche des Klötzchens, in welche die Bohrung eingetrieben war, mit Wachs befestigt und so das Mundloch auf geringere Weite gebracht werden. Das eine Ende des Rohrs stand von der Axe des Mundlochs 510^{mm}, das andere Ende 47^{mm} ab. Dieses kleinere Stück repräsentirte, wenn es geschlossen wurde, die an den Flöten oberhalb des Mundlochs befindliche Kammer. Das Niveau des Mundlochs stand 14^{mm} von der Axe des Rohrs ab, so dafs, wenn die Kammer scharf an der Kante des Mundlochs abgeschlossen war, das ganze Rohr eine schwingende Luftsäule von etwas weniger als 524^{mm} Länge repräsentirte. Ich führe beispielsweise die folgende Messung an:

Töne.	Das Mundloch auf 10^{mm} verengt.			
	Das Flötenrohr ohne Kammer.		Das Flötenrohr durch eine Kammer von 47^{mm} verlängert.	
	s	$n.s$	s	$n.s$
Grundton	454,0	454,0	455,1	455,1
1. Oberton	226,4	452,8	228,8	457,6
2. Oberton.	149,4	448,2	155,1	465,3

Da es sich nur um Verhältnifszahlen handelt, so sind auch nur die Saitenlängen des Monochords angegeben. Die

Temperatur war 14°,0, die Spannung der Saite 5000^{gr}, 1 Meter Saitenlänge wog 612^{mgr}. Neben den beobachteten Saitenlängen stehen die Producte aus den harmonischen Verhältnifszahlen und, wie man sieht, waren die Obertöne, wenn das Flötenrohr gleich am Mundloch schlofs, zu scharf. Eine am Ende geschlossene Kammer von 47^{mm}, von der Mitte des Mundlochs aus gerechnet, reichte hin, nicht nur diese Abweichung aufzuheben, sondern eine noch gröfsere in entgegengesetztem Sinne hervorzurufen. Die Kammer der Flöte selbst ist in der That auch viel kleiner, nur etwa 17^{mm} lang, und der Instrumentenmacher verschiebt den Pfropf so lange, bis die Octaven d, d_1 und d_2 ihm rein zu stimmen scheinen.

3. Beobachtungen an Halbkugeln.

Man kann nicht annehmen, dafs die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Schallwellen in einer Luftmasse von der besonderen Gestalt der starren Umgränzung dieser Luftmasse abhängig sey, man hat sie vielmehr unveränderlich von derselben Gröfse wie im freien Luftraume zu denken. Daher kann die Thatsache, dafs Cylinder, welchen nicht der volle Querschnitt gelassen ist, sowie verschiedene gestaltete Luftmassen, welche nur durch enge Oeffnungen mit der Atmosphäre in Verbindung stehen, Töne geben, deren Halb- oder Viertelwelle die Dimension dieser Massen vielmal übertrifft, allein aus der besonderen Art zu erklären seyn, wie die Dichte und die Geschwindigkeit der schwingenden Theilchen modificirt werden, während die erregende Welle von der Mundöffnung aus durch das Innere der Pfeife hin- und zurückeilt und welcher Zustand sich in Folge der Zusammensetzung der Bewegungen an der Erregungsstelle selbst herstellt. Um Einiges zur Aufklärung dieser Verhältnisse beizutragen, hielt ich es für vortheilhaft, die geometrischen Verhältnisse der Form möglichst einfach zu wählen, da bei diesen die Aenderungen der Dichte und Schwingungsgeschwindigkeit sich noch am leichtesten übersehen lassen.

Zunächst wählte ich genau ausgeführte Halbkugeln, oben mit Deckeln von Eisenblech verschlossen, welche mehr oder weniger grofse centrale Oeffnungen enthielten. Da bei dieser Form, wenn die Mundöffnungen im Verhältnifs zum Durchmesser der Kugel klein gewählt werden, alle Punkte der Erregungsstelle als in nahe gleichem Abstand von der zurückwerfenden Wandung befindlich, betrachtet werden können, so hoffte ich zu einfachen und für die Theorie brauchbaren Resultaten zu gelangen. Es entsprangen indessen practische Schwierigkeiten aus der grofsen Veränderlichkeit der Töne bei verschieden starkem Anblasen, eine Störung, welcher man immer begegnet, wenn die Anblaseöffnung klein im Verhältnifs zum Querschnitt der tönenden Luftmasse ist. Ich bestimmte bei den meisten Tönen die untere und obere Gränze, bei welchen sie bei sehr schwachem und bei starkem Blasen eben noch hörbar bleiben, sowie den mittleren Ton, welcher mir am klangvollsten und bestimmtesten anzusprechen schien. Aus zahlreichen Messungen theile ich einige mit, welche an folgenden vier Kugeln angestellt waren:

Die Kugel *a* hatte 125^{mm} Halbmesser, die Oeffnung der Decke war 20^{mm} weit.
» » *b* » 50,0 » » » » » » 8 »
» » *c* » 37,5 » » » » » » 6 »
» » *d* » 25,0 » » » » » » 4 »

Die Temperatur war $17^{0},5$; die Spannung der Saite 5000^{gr}; 1 Meter derselben wog 612^{mgr}.

	a.		*b.*		*c.*		*d.*	
	s	$\frac{\lambda}{4}$	s	$\frac{\lambda}{4}$	s	$\frac{\lambda}{4}$	s	$\frac{\lambda}{4}$
Grundton {	1967,4	1194,8	524,0	318,2	.	.	.	.
	1971,8	1197,6	608,6	369,6	.	.	.	.
Mittel	1969,6	1196,2	566,3	343,9	.	.	.	.
1. Oberton {	850,1	516,2	410,3	227,0	284,6	172,8	.	.
	1184,2	719,0	373,8	249,2	299,0	181,6	.	.
Mittel	1017,7	617,6	392,1	238,1	291,8	177,2	.	.
Beste Ansprache	987,0	594,3	392,5	238,3	295,6	179,5	196,1	119,1
2. Oberton	71,6	43,5	.	.	.	.	.	.

Die Grundtöne der Kugeln *c* und *d* klangen zu leise, um sie mit hinreichender Sicherheit bestimmen zu können. Auch bei den Kugeln *a* und *b* scheint ihre Bestimmung mit Fehlern behaftet zu seyn, da sie dem Gesetz der akustischen Aehnlichkeit nicht entsprechen, was doch zu erwarten wäre, da die Weite der Oeffnungen in demselben Verhältnisse wie die Halbmesser der Kugeln stehen. Dieses Gesetz bewährt sich dagegen in sehr befriedigender Weise bei den ersten Obertönen, wie aus folgender Zusammenstellung hervorgeht:

$$\frac{987}{20} = 49{,}3; \quad \frac{392{,}1}{8} = 49{,}0; \quad \frac{295{,}6}{6} = 49{,}3; \quad \frac{196{,}1}{4} = 49{,}0.$$

Diese Töne dürfen hiernach wohl als zuverlässig bestimmt gelten. Auch den folgenden mit dem horizontalen Monochord gemachten Messungen, bei welchen die ersten Obertöne bestimmt wurden, entsprechen jenem Gesetze:

Kugel *b*.		Kugel *c*.		Kugel *d*.	
Oeffnung 12^{mm}	Oeffnung 8^{mm}	Oeffnung 9^{mm}	Oeffnung 6^{mm}	Oeffnung 6^{mm}	Oeffnung 4^{mm}
438,0	458,0	330,5	346,0	219,0	229,3

Es ist nämlich:

$$\frac{438}{12} = 36{,}5; \quad \frac{330{,}5}{9} = 36{,}7; \quad \frac{219}{6} = 36{,}5;$$

$$\frac{458}{8} = 57{,}3; \quad \frac{346}{6} = 57{,}6; \quad \frac{229}{4} = 57{,}3.$$

Gehen wir zu den ersteren Messungen zurück, so können wir aus denselben entnehmen, dafs die Viertelwelle des Grundtones den Halbmesser der Kugel vielmal übertrifft:

$$\frac{1196{,}2}{125} = 9{,}6; \quad \frac{343{,}9}{50} = 6{,}88.$$

Auch bei dem ersten Oberton ist dasselbe noch der Fall. Jeder folgende Ton lag aber bei den kleineren Kugeln so hoch, dafs seine Bestimmung nicht mehr sicher war. Nur bei der Kugel *a* konnte ich noch einen dritten Ton bestimmen, welcher jedoch um mehr als drei Octaven höher

lag, als der vorhergehende erste Oberton. Ich konnte indessen keinen zwischen beiden liegenden erhalten und ich betrachte es auch von theoretischer Seite aus als wahrscheinlich, dafs ein solcher nicht mehr vorhanden ist, da in diesem Falle zwei Schwingungsbäuche getrennt von der kugelförmigen Wand und der Mundöffnung vorhanden seyn müssen, so dafs die zwischen ihnen begriffene Halbwelle kleiner seyn mufs, als der Halbmesser der Kugel.

4. Beobachtungen an konischen Röhren.

Etwas mehr Einsicht in den inneren Schwingungszustand gewährten mir die *konischen* Pfeifen, da ich bei diesen nicht nur die Tonhöhen bestimmen, sondern auch die Lage der Knotenflächen experimentell nachweisen konnte, wozu es mir bei den Kugeln an einem Mittel fehlte. Die Kenntnifs der in konischen Pfeifen herrschenden Schwingungsgesetze hat einiges Interesse für den Instrumentenbau, da aufser der Flöte und Clarinette alle übrigen im Orchester gebräuchlichen Blasinstrumente Luftsäulen von konischer Form enthalten.

Ich wandte bei den Versuchen die folgenden sieben Röhren von Weifsblech an, sämmtlich von 485^{mm},4 Länge, deren erste cylindrisch, die folgenden immer stärker konisch verjüngt und bis auf die letzte oben (am engeren Ende und unten (am weiteren Ende) offen waren:

Bezeichnung.	Oberer Durchmesser.	Unterer Durchmesser.	Verhältnifs beider.
c	16,6^{mm}	16,6^{mm}	1,000
e	15,4	18,2	1,182
f	13,9	19,0	1,367
g	11,8	23,5	1,991
h	8,6	25,8	3,000
k	6,6	26,1	3,955
l	0,0	28,9	∞

Die oberen und unteren Durchmesser waren so gewählt, dafs die beim Anblasen in Bewegung zu setzenden Luftmassen sehr nahe gleich ausfielen. Die Röhre *k* erreicht

etwa den höchsten Grad von Konicität, welcher bei Blasinstrumenten vorkommt.

Für die folgenden Grund- und Aliquottöne der Kegel sind zunächst nur die Längen der gleich gestimmten Monochordsaiten aufgeführt. Es wurden jedesmal zwei Beobachtungen gemacht, wobei der Kegel einmal am engeren und einmal am weiteren Ende angeblasen wurde. Eine Ausnahme hiervon macht der zweite Oberton des Kegels *h*, welcher durch Anblasen am weiteren Ende nicht leicht zu erhalten war.

I. Die Kegel oben und unten offen.

	Erregungsstelle.	*c*	*e*	*f*	*g*	*h*	*k*	*l*	Mittel.
Grundton	unten	410,2	410,4	410,0	409,9	412,0	409,6	410,6	.
	oben	410,5	409,6	409,1	408,7	411,6	409,7	412,1	.
		410,3	410,0	409,5	409,3	411,8	409,7	411,3	410,3
1. Oberton	unten	203,2	202,4	.	.	203,0	.	204,5	.
	oben	203,7	202,0	.	.	203,6	.	204,4	.
		203,5	202,2	.	.	203,3	.	204,4	203,4
2. Oberton	unten	134,5	135,2	.	.	136,0	.	136,7	.
	oben	134,2	134,6	.	.	135,0	.	.	.
		134,4	134,9	.	.	135,5	.	136,7	135,3

Aus diesen Versuchen folgt, dafs kegelförmige Röhren, wenigstens innerhalb der Gränzen der Konicität, welche bei den obigen Röhren vorhanden waren, gleichen Grundton und gleiche Aliquottöne geben, wie gleich lange Cylinder. Merkwürdig ist, dafs selbst dann, wenn der obere Durchmesser Null wird, also der Kegel einerseits ganz geschlossen ist, die Tonhöhe derjenigen eines gleich langen, beiderseits offenen Cylinders gleich bleibt.

Es wurden nun die Kegel das eine Mal oben, das andere Mal unten geschlossen und durch Anblasen am offen gebliebenen Ende die Grundtöne und die beiden ersten Obertöne bestimmt:

II. **Am oberen (engeren) Ende geschlossen.**

	c	*e*	*f*	*g*	*h*	*k*	*l*
Grundton	821,3 820,0	784,2 787,1	727,8 727,7	624,2 624,8	573,4 572,1	529,9 .	410,6 412,1
Mittel	820,6	785,6	727,8	624,5	572,8	529,9	411,3
1. Oberton	273,2 273,1	271,0 271,4	268,6 267,6	263,2 264,5	254,3 255,2	. .	204,5 204,4
Mittel	273,2	271,2	268,1	263,9	254,8	.	204,4
2. Oberton	163,8 164,0	162,4 162,3	161,5 161,9	158,7 .	156,2 155,2	. .	136,7 .
Mittel	163,9	162,4	161,7	158,7	155,7	.	136,7

In diesem Falle ändert sich, wie man sieht, das Verhältnifs der Obertöne zum Grundton mit dem Grade der Konicität. An der einen Gränze steht der Cylinder, dessen Obertöne nach der Reihe 1, 3, 5 ... folgen, an der anderen Gränze der Kegel *l*, dessen Obertöne die Reihe 1, 2, 3 ... einhalten und zwischen beiden findet ein stetiger Uebergang statt. Je kleiner der obere geschlossene Querschnitt des Kegels zu dem unteren offenen ist, desto mehr nähert sich der Grundton und die Folge harmonischer Töne derjenigen offener cylindrischer Pfeifen.

III. **Das untere (weitere) Ende geschlossen.**

	c	*e*	*f*	*g*	*h*	*k*	*l*
Grundton	821,3 820,0	850,5 850,3	938,9 938,7	1103,6 1103,3	1343,3 .	. .	. .
Mittel	820,6	850,4	938,8	1103,5	1343,3	.	.
1. Oberton	273,2 273,1	274,2 273,6	274,1 274,0	274,1 274,0	274,0 274,5	. .	. .
Mittel	273,2	273,9	274,1	274,1	274,3	.	.
2. Oberton	163,8 164,0	162,3 162,7	162,5 162,4	164,3 164,2	162,7 162,1	. .	. .
Mittel	163,9	162,5	162,5	164,3	162,4	.	.

Die Beobachtungen dieser Reihe sind nicht ganz so zuverlässig, wie diejenigen der vorhergehenden Reihen, weil das Anblasen an der engeren Oeffnung mit Schwierigkeiten verbunden war. Namentlich gilt diefs von den Grund-

tönen der Kegel g, h und k. Der Einfluſs der Konicität ist vorzugsweise bei den Grundtönen bemerkbar, sie werden um so tiefer, je stärker der Kegel sich verjüngt. Beim ersten Oberton ist nur noch ein äuſserst schwaches Sinken zu bemerken, beim zweiten Oberton verdecken die Unregelmäſsigkeiten der Beobachtung eine etwa vorhandene kleine Aenderung.

Um nähere Kenntniſs von dem Schwingungszustande im Innern der kegelförmigen Luftmasse zu erhalten, suchte ich die Lage der Knotenflächen zu bestimmen. Da ein verschiebbarer Kolben nicht anzuwenden ist, senkte ich die Pfeifen jedesmal so weit in Wasser, bis der vorher auf die Monochordsaite übertragene Ton wieder hörbar wurde. Das Weiſsblech gewährte dabei den Vorzug, daſs das Wasser vermöge des Grades der Adhäsion sich scharf an der starren Wandung abgränzte, ohne bemerkbare Elevation oder Depression.

Um zu untersuchen, ob die flüssige Wasseroberfläche mit hinreichender Annäherung die Stelle eines starren unbeweglichen Bodens bei der Aufsuchung der Knotenfläche vertreten könne, reichte es hin, das Verfahren auf cylindrische Röhren anzuwenden. Wenn der Cylinder C den Grundton gab, wurde die Knotenfläche im Abstand von 241^{mm} sowohl von dem einen als von dem anderen Ende bestimmt. Man hätte diese Abstände $= 242^{mm},7$ finden müssen. Diese Abweichung ist zwar klein genug, um sie den Beobachtungsfehlern zuschreiben zu können; allein ich hielt es doch für zweckmäſsig, bei der Aufsuchung der Knotenflächen in den konischen Pfeifen die Bestimmung jedes Mal von zwei Seiten her zu machen, so daſs das eine Mal am engen, das andere Mal am weiteren Ende angeblasen wurde. Fast immer blieb zwischen den so bestimmten Stellen ein kleines Intervall, welches ich zur definitiven Bestimmung der Lage des Knotenpunktes im Verhältniſs der betreffenden Abstände von den Enden der Pfeife auf diese vertheilte. So wurden die in folgender Tafel enthaltenen verbesserten Abstände aus den beobachteten abgeleitet.

Röhren.	Abstand der Knotenfläche.				
	Beobachtet			Verbessert	
	vom engen Ende. Millim.	vom weiten Ende. Millim.	Summe. Millim.	vom engen Ende. Millim.	vom weiten Ende. Millim.
c	241,0	241,0	482	242,7	242,7
e	232,0	244,0	476	236,6	248,8
f	227,0	252,5	479,5	229,8	255,6
g	211,0	274,4	485,4	211,0	274,4
h	185,0	289,4	474,4	189,5	295,9
k	174,0	298,2	472,2	178,7	306,7
l	0	485,4	485,4	0	485,4

Während die Höhe des Grundtones aller dieser Röhren eine gleiche ist, rückt die Knotenfläche dem engen Ende um so näher, je stärker sich die Röhre konisch verjüngt. Damit hängt ohne Zweifel zusammen, dafs, wenn das enge Ende geschlossen, also die Knotenfläche hierhin verlegt wird, der Ton um immer kleinere musikalische Intervalle herabgeht, je stärker die Konicität ist, dafs aber im umgekehrten Falle, wenn das weitere Ende geschlossen wird, der Ton um mehr als eine Octave sinkt. Die Gränzen dieser Veränderungen für die Reihe *c* bis *l* sind $n:\frac{n}{2}$ und $n:n$ im ersten Falle, $n:\frac{n}{2}$ und $n:0$ im letzten Falle, wenn n die Schwingungsmenge des beiderseits offenen Cylinders ist. Das Verhältnifs der Saitenlängen an diesen Gränzen ist:

im ersten Falle $1:2$ und $1:1$
im zweiten Falle $1:2$ und $1\,\infty$.

Die Lage der Knotenflächen sowohl bei Grundtönen als bei Obertönen konischer Röhren, sowie die Aenderungen der Tonhöhe, welche eintreten, wenn die Röhren am engen oder am weiten Ende geschlossen werden, lassen sich aus den Dichtigkeitsänderungen berechnen, welche in den Wellen beim Durchlaufen der konischen Röhren eintreten müssen.

Gesetzt, dafs eine Welle, in welcher die Verdichtung und Oscillationsgeschwindigkeit der Theilchen dem bekann-

ten Ausdrucke $\sin 2\pi\frac{t}{T}$ proportional sind, in ein cylindrisches Rohr von der Länge $L=\frac{aT}{2}$ eintrete, wo a die Geschwindigkeit des Schalles in der Luft bezeichnet, so würde, nachdem der Anfang der Welle das Röhrenende erreicht hat, der Zustand der Luft in derselben durch den Ausdruck $\sin\pi\frac{x}{L}$ dasgestellt seyn, wo x jede beliebige Entfernung von der Eintrittsstelle der Welle bedeutet. Das Maximum der Schwingungsgeschwindigkeit und der Verdichtung oder Verdünnung, je nachdem es sich um eine positive oder negative Welle handelt, fällt in den Abstand $x=\frac{L}{2}$. Anders aber gestalten sich die Verhältnisse beim Eintritt einer Welle in ein konisches Rohr. Gesetzt, die Welle tritt am engen Ende vom Durchmesser d ein, und hat eben das weite Ende vom Durchmesser D erreicht, so ist der Schwingungs- und Verdichtungszustand der Luft in dem Rohr, da die lebendige Kraft, vermöge der immer gleichbleibenden Fortpflanzungsgeschwindigkeit, sich auf Schichten von stets gleicher Dicke, aber zunehmender Durchschnittsfläche überträgt, ausgedrückt durch

$$\frac{\sin\pi\frac{x}{L}}{d+\frac{(D-d)x}{L}}.$$

Sucht man den Abstand x, für welchen dieser Ausdruck seinen gröfsten Werth annimmt, so findet man die Stelle, wo die Luft am stärksten verdichtet ist, und an diese nämliche Stelle fällt auch, wenn sich der stehende Schwingungszustand festgestellt hat, der Schwingungsknoten. Man gelangt zu der Gleichung:

$$\frac{d\pi}{D-d}+\alpha=\tan\alpha,\quad \text{wo}\quad \alpha=\frac{\pi x}{L}$$

und dieser Ausdruck giebt folgende Vergleichung mit der Beobachtung:

Röhren.	Lage der Knoten.			
	Berechnet		Beobachtet	Unterschied.
	α.	x.	x.	
c	90° 0′	242,7	242,7	0
e	86 58	234,5	236,6	+ 2,1
f	84 20	227,4	229,8	+ 2,4
g	77 32	209,2	211,0	+ 2,0
h	70 33	189,7	189,5	− 0,2
k	65 32	176,7	178,7	+ 2,7
l	0 0	0,0	0,0	0

Durch eine constant wirkende Störung sind die beobachteten Werthe um 2 Millimeter gröfser geworden, als die berechneten; dieser Unterschied ist indessen so klein, dafs die Richtigkeit der obigen Schlüsse offenbar durch die angeführten Beobachtungen ihre Bestätigung erhält.

Wenn man annimmt, in der konischen Röhre sey an der Stelle, wo nach der oben gegebenen Formel die Knotenfläche hinfällt, ein starrer Boden angebracht, so zerfällt sie in zwei Röhrenstücke von ungleicher Länge, welchen aber gleiche Tonhöhe zukommt, wenn sie an dem offenen Ende als Pfeifen angeblasen werden. Offenbar giebt demnach dasjenige Röhrenstück, dessen engeres Ende offen steht, einen tieferen, dasjenige, dessen weiteres Ende offen steht, einen höheren Ton, als ein vom einen Ende geschlossenes cylindrisches Rohr von gleicher Länge. Da die Halbwelle jedes der beiden Töne der Länge L des konischen Rohres, durch dessen Theilung man die beiden Stücke erhielt, gleichkommt, so kann man aus der obigen Formel für jeden am engeren oder weiteren Ende geschlossenen Kegel die Tonhöhe ableiten, wenn man x oder $L-x$ in jener Formel als die bekannten Gröfsen annimmt und nunmehr dieselben durch die Länge des betreffenden Rohres ersetzt, während man L in jener Formel als die Unbekannte ansieht und etwa durch λ, nämlich die Halbwelle des gesuchten Tones, ersetzt. Es sey die Länge des betreffenden Rohres wiederum L, so erhält man für die Bestimmung von λ die Gleichungen:

Für am *engen* Ende geschlossene Pfeifen:

$$\frac{d}{D-d}\alpha = -\tan\alpha;$$

$$\text{wo}\quad \alpha = \frac{\pi L}{\lambda}.$$

Für am *weiten* Ende geschlossene Pfeifen:

$$\frac{D}{D-d}\alpha = \tan\alpha;$$

$$\text{wo}\quad \alpha = \frac{\pi L}{\lambda}.$$

Offenbar kann man den Quotienten $\frac{L}{\lambda}$ auch durch das Verhältnifs der Saitenlängen $\frac{S}{s}$ am Monochord ersetzen, welche die nämlichen Töne geben, wie das konische Rohr, wenn es ein Mal beiderseits offen, das andere Mal einerseits geschlossen als Pfeife angeblasen wird. Hiernach ergiebt sich folgende Vergleichung der Rechnung mit den oben mitgetheilten Beobachtungen:

Röhren.	Am engen Ende gedeckt.			Am weiten Ende gedeckt.		
	Berechnet		Beobachtet	Berechnet.		Beobachtet.
	α.	s.	s.	α.	s.	
c	90° 0′	820,6	820,6	90° 0′	820,6	820,6
e	96 10	768,0	785,6	84 1	877,0	850,4
f	101 38	726,7	727,8	78 58	935,0	938,8
g	116 14	635,4	624,5	66 45	1066,7	1103,5
h	131 10	566,0	572,8	55 30	1312,9	1343,3
k	140 47	524,5	529,9	48 45	1515,0	.
l	180 0	410,3	411,3	0 0	∞	.

Die Abweichungen zwischen Beobachtung und Rechnung belaufen sich zwar in vorstehender Tabelle bis zu 3 Procent des ganzen Werthes, während doch die Tonmessungen sicher nicht um 1 Procent unrichtig sind. Allein einestheils war es nur bei sehr verschiedener Windstärke möglich, die Töne der gedeckten konischen Röhren zu erhalten und diese standen in ihrer Tonhöhe nicht so fest, wie diejenigen der beiderseits offenen Röhre, für welche die oben mitgetheilte Bestimmung der Knotenlage gemacht worden war; anderentheils waren die konischen Röhren nicht von dem Mechanikus, sondern von dem Klempner gearbeitet und hatten darum keineswegs die Genauigkeit

der Form, welche für eine solche Untersuchung zu wünschen gewesen wäre. Dafs die Fehler bei den Röhren *e* und *g*, je nachdem das engere oder das weitere Ende geschlossen war, im entgegengesetzten Sinne lagen, deutet auf einen Einflufs der letzteren Art. Die Tonbestimmungen für *e* schienen einer weniger konischen, die für *g* einer stärker konischen Röhre zuzukommen.

Es folgt nun aus den mitgetheilten Erfahrungen, dafs die Obertöne einer beiderseits offenen konischen Röhre die nämlichen sind, wie die einer cylindrischen, dafs also die zwischen je zwei Schwingungsbäuchen begriffenen Abtheilungen durchaus in den engeren und weiteren Theilen der konischen Röhre gleiche Länge haben. Eine besondere experimentelle Bestätigung dieser Folgerung durch Aufsuchung der Schwingungsbäuche habe ich für überflüssig gehalten.

Anders verhält es sich übrigens mit den zwischen je zwei Schwingungsknoten liegenden Abtheilungen, diese fallen durch die eben entwickelte Verschiebung der Knotenpunkte, deren Betrag in den engeren und weiteren Theilen der konischen Röhren keineswegs gleich ist, um so länger aus, je mehr man sich dem engeren Ende der Röhre nähert.

Gesetzt die konische Röhre gebe ihren $n$ten Naturton oder ihren $(n-1)$ten Oberton, so dafs sie also in n schwingende Abtheilungen zerfällt, so findet man den Abstand x der Knotenflächen vom engeren Ende jeder Abtheilung aus folgenden Gleichungen:

in der $m$ten Abtheilung vom engen Ende aus:

$$\left(\frac{nd}{D-d}+m-1\right)\pi+\frac{n\pi x_m}{L}=\tan\frac{n\pi x_m}{L},$$

in der $m+1$sten Abtheilung vom engen Ende aus:

$$\left(\frac{nd}{D-d}+m\right)\pi+\frac{n\pi x_{m+1}}{L}=\tan\frac{n\pi x_{m+1}}{L}.$$

Die Länge der zwischen beiden Knotenflächen begriffenen Schwingungsabtheilung ist daher:

$$A=\frac{L}{n}+x_{m+1}-x_m.$$

Da $x_{m+1} - x_m$ immer gröfser ist als Null, so ist es der allgemeine Charakter dieser Abtheilungen, dafs sie länger sind als die Halbwelle des Tones und zwar um so mehr, je stärker die Konicität der Röhre ist und je näher die Abtheilung dem engen Ende der Röhre liegt.

Unter den zahlreichen Bestätigungen, welche ich für diese Schlüsse erhalten habe, hebe ich nur die folgenden heraus:

Obertöne der konischen Röhre h ($D = 3$, $d = 1$).

	Abstände der Knotenflächen vom engen Ende.		Länge der Abtheilungen.	Aus dem Ton berechnete Halbwelle.
	Beobachtet. Millim.	Berechnet. Millim.	Millim.	Millim.
1. Oberton	101,0	104,5	254,3	246,8
	361,0	358,8		
2. Oberton	68,1	72,6	164,6	161,8
	238,0	237,2	163,1	
	406,5	400,3	.	

Je höher der Grad des Obertones ist, desto mehr werden die Knotenräume einander und der Halbwelle des gemessenen Tones gleich. In besonders auffallender Weise müssen die angeführten Gesetzmäfsigkeiten bei dem vollen Kegel sich herausstellen.

Obertöne des Kegels l ($D = 28^{mm},9$; $d = 0$).

	Abstände der Knotenflächen von der Spitze.		Länge der Abtheilungen.	Berechnete Halbwelle.
	Beobachtet. Millim.	Berechnet. Millim.	Millim.	Millim.
1. Oberton	0	0		
	351,4	348,2	348,2	248
2. Oberton	0	0		
	237,4	232,1	232,1	
	404,4	401,4	169,3	165,7

Die Lage der Knotenflächen suchte ich in diesem Falle so zu bestimmen, dafs ich den Oberton auf das Monochord übertrug und dann Wasser in den Kegel gofs, bis derselbe

Ton wieder hergestellt war und dafs ich endlich den Abstand des Niveaus von der Grundfläche des Kegels ausmittelte. Ungeachtet dieses Verfahren wenig Genauigkeit verspricht, stimmen die Resultate der Beobachtung und der Rechnung doch ziemlich befriedigend. Bei dem zweiten Oberton verhalten sich zwei benachbarte Knotenräume fast wie 3:2, der letztere aber übertrifft die Länge der Halbwelle nur noch um Weniges.

Dieser Umstand, welcher auch bei den einerseits gedeckten konischen Pfeifen eintritt, hat zur Folge, dafs die Konicität auf die Aenderung der Obertöne einen weit geringeren Einflufs äufsert, als auf diejenige der Grundtöne, eine um so geringere, von je höherer Ordnung der Oberton ist. Die Tafel III S. 203 bietet dafür ein sprechendes Beispiel.

Ich denke, die hier entwickelte Betrachtungsweise auf die im dritten Abschnitt behandelten Formen, sowie auf mehrere andere, welche vermöge ihrer Regelmäfsigkeit der Rechnung zugänglich sind, anwenden zu können, und hoffe, dafs diese Betrachtungsweise überhaupt die Handhabe bieten werde, den noch so räthselhaften Schwingungszustand der Luft in engen Räumen aufzuklären.

Dafs ich die für vorstehende Beobachtungen unentbehrlichen Mefswerkzeuge des hiesigen physikalischen Cabinetes benutzen konnte, danke ich der Liberalität meines verehrten Freundes, des Hrn. Prof. Buff.

Nachtrag.

Erst nachdem ich obige Resultate niedergeschrieben und abgesendet hatte, wurde ich durch eine Mittheilung Hrn. Sénarmont's auf eine schon vor mehren Jahren erschienene, ausgezeichnete mathematische Untersuchung Duhamel's [1]) über die Bewegung der Luft in cylindrischen und konischen Röhren aufmerksam, worin mittelst allgemeiner gehaltener Analyse viele der Resultate abgeleitet sind, zu

1) Liouville, *Journ. des mathémat. pures et appliquées, Tome XIV, p.* 49.

welchen ich auf inductivem Wege gelangte. Duhamel spricht am Schlusse seiner Arbeit, welche in Deutschland noch nicht nach Verdienst gewürdigt zu seyn scheint, die Hoffnung aus, durch experimentirende Physiker entweder Bestätigung oder Widerlegung seiner theoretischen Ableitungen zu erhalten. Es gereicht mir zur Freude, dafs ich, ohne Duhamel's Entwicklungen zu kennen, eine umfassende experimentelle Bestätigung derselben durch die oben mitgetheilten Versuche zu geben vermochte.

Giefsen, im November 1855.

III. *Ueber die Ladung der Leydener Batterie durch elektromagnetische Induction; von J. H. Koosen.*

Das Ergebnifs einer zahlreichen Reihe von mir über diesen Gegenstand angestellter Versuche läfst sich in Kurzem in folgende Worte zusammenfassen: Die Ladung einer Leydener Flasche oder überhaupt einer Ladungstafel durch den Inductionsstrom einer Ruhmkorff'schen Maschine ist immer möglich, sobald nur dieser Strom eine solche Spannung hat, dafs er zwischen den Poldrähten in einer wenn auch noch so kleinen Entfernung (Schlagweite des Inductionsstromes) frei durch die Luft geht; die Ladung geschieht dann nach der einfachen Regel, dafs man den einen Pol mit der einen Belegung metallisch verbindet, den anderen Pol in möglichste Nähe aber nicht in unmittelbare Berührung mit der anderen Belegung bringt, so dafs die Elektricität durch die Luft in Funken auf diese letztere überspringt. Die Stärke der auf diese Weise erhaltenen Ladung, d. h. die Dichtigkeit der Elektricitäten auf den Belegungen, sowie am Zuleitungsdrahte ebenso daher auch die Schlagweite, sind wie ich sogleich nachweisen werde, abhängig von einer grofsen Anzahl äufserer Umstände und Factoren,

aber bedingt durch Gesetze, welche mit denjenigen, welche von Hrn. Riefs für die Ladung der Leydener Batterie durch Reibungselektricität aufgestellt worden sind, völlig identisch zu seyn scheinen. Die Elektricität des galvanischen Stromes wird unter Mitwirkung der Inductionsrollen in der That in gemeine Elektricität verwandelt und gehorcht allen Gesetzen, welche für die aus Reibung entstandene Elektricität aufgefunden worden sind. Der Unterschied ist in beiden nur quantitativ, indem die Spannung der durch die Inductionsmaschine gelieferten Elektricität im Allgemeinen hinter der aus Reibung entstandenen zurückbleibt, in der Quantität hingegen die letztere in überaus grofsem Maafse übertrifft; so dafs in Bezug auf die Ladung der Leydener Flasche, wie sich voraussehen läfst, die galvanische Kette eine grofse Menge Elektricität auf den Belegungen der Flasche, wenn diese nur hinreichend grofs sind, in unglaublich kurzer Zeit bindet, während die gewöhnliche Elektrisirmaschine *caeteris paribus* die an die Belegungen abgegebene Elektricität zu weit gröfserer Dichte (und folglich auch Schlagweite bei der Entladung der Flasche) bindet; dieser Procefs aber längere Zeit erfordert, während eine durch den Inductionsstrom geladene Batterie in kurzer Zeit viele Male geladen und entladen werden kann.

Die merkwürdige Eigenschaft der Elektricität von hoher Spannung, auf einander nahestehenden, von einander isolirten, leitenden Flächen bleibend gebunden zu werden, ist eine so stetige und unfehlbare Begleiterin derselben, dafs es mich gewundert hat, bei den in den letzten Jahren so häufig angestellten Versuchen mit Inductionsströmen von hoher Spannung dieses Phänomens so selten gedacht zu finden. So bemerkt Hr. Poggendorff (diese Ann. Bd. 94, S. 326), dafs er keine bleibende Ladung einer Flasche durch den Inductionsstrom habe erhalten können, dafs sich nur zuweilen eine Spur von Ladung gezeigt habe, zuweilen nicht, dafs er daher, weil der Strom ein stetig hin- und hergehender sey, keine bleibende Ladung für möglich halte,

sondern die sofortige Entladung der Flasche durch den Schliefsungsdraht erfolgen müsse [1]). Hr. Sinsteden hingegen erwähnt (diese Ann. Bd. 96, S. 356), dafs er häufig eine Leydener Flasche bleibend durch Induction geladen habe, dafs er jedoch nur Flaschen von dickem Glase hiezu tauglich gefunden, indem Flaschen von dünnem Glase keine Ladung annehmen; dafs ferner die Ladung durch den Rückschlag erfolge, indem jeder Poldraht beide Belegungen mit derselben Elektricität versehe; dafs endlich zur Ladung nur die Differenz der Elektricitäten der Poldrähte wirksam sey, indem eine Ladung der Flasche nur erfolge, wenn die Poldrähte in ungleichen Abständen von den beiden Belegungen sich befinden.

Diese letzteren Annahmen habe ich in meinen Beobachtungen bestätigt gefunden. Ich habe Batterien von jeder Glasdicke geladen und, wie sich nach den Gesetzen der Reibungselektricität erwarten liefs, Flaschen von dünnem Glase leichter als von dickem, wenn nur die sonstige Einrichtung der Flaschen, namentlich in Betreff ihrer Isolirung, derart war, dafs die Belegungen Elektricität von grofser Dichtigkeit bleibend zu binden vermochten; hingegen liefs sich in allen Fällen die entstandene Ladung ihrer Stärke nach, wie auch diejenigen Fälle, in welchen keine Ladung stattfand, aus den bekannten Gesetzen, welchen die Vertheilung durch gemeine Elektricität folgt, erklären; und bedurfte ich hiezu keineswegs der Annahme einer Ladung durch den Rückschlag, noch einer ungleichen Entfernung der Poldrähte von den Belegungen der Batterie, wenn nur der oben erwähnten Bedingung genügt wurde, dafs nicht beide Poldrähte in unmittelbarer metallischer Berührung mit den Belegungen standen.

Die im Folgenden angeführten Versuche wurden im Allgemeinen mit einem Inductionsstrome angestellt, welcher an meiner Maschine durch ein Grove'sches Element erregt wurde und eine Schlagweite zwischen den Poldrähten von 4 bis 6 Linien hatte; dieser Strom hat hinreichende Stärke um alle Ladungsphänomene auf das Genaueste zu prüfen;

1) So habe ich mich nun gerade nicht ausgedrückt. (*P.*)

nur in wenigen Fällen habe ich noch stärkere Ströme angewandt; in manchen Fällen war ich genöthigt zu viel schwächeren Strömen überzugehen, welche nur 1 Linie Schlagweite hatten und durch ein schwach geladenes Daniell'sches Element erregt wurden.

Verbindet man beide Poldrähte mit den Belegungen der Flasche unmittelbar, so erhält man keine Ladung; wenn aber beide Belegungen oder nur eine derselben auf der trennenden Schicht des Isolators nur lose aufliegen, so hört man bei der Berührung mit beiden Poldrähten ein eigenthümliches Geräusch in den Belegungen, welches mit dem Hämmern des Stromunterbrechers isochron ist und von unzähligen schnell auf einander folgenden Ladungen und Entladungen der Belegungen herrührt; bei der Ladung ziehen sich beide Belegungen gegenseitig an und schlagen auf die isolirende Schicht, die sie trennt; bei der Entladung, welche in diesem Falle nothwendig durch den Draht der Inductionsrollen erfolgt, sobald das Zuströmen der Elektricitäten zu den Polen aufhört, kehren die Belegungen durch ihre eigene Elasticität wieder in ihre ursprüngliche Lage zurück, bis sie durch eine neue Ladung wieder sich gegenseitig anziehen.

Eine gewöhnliche Leydener Flasche von $\frac{1}{2}$ Quadratfufs Belegung aus 1 Linie dickem Glase wird, wenn man den einen Poldraht mit der freien Belegung metallisch verbindet, auf die andere aus dem anderen Pole Funken überspringen läfst, regelmäfsig jedoch nur schwach geladen, verglichen mit der Ladung, welche dieselbe Flasche durch eine sehr kleine Elektrisirmaschine aufzunehmen im Stande ist: eine solche geringe Ladung findet auch nur dann statt, wenn die Funken aus einer grofsen Entfernung auf den Knopf der Flasche übergehen; verringert man diese Entfernung, so geht zwar ein ununterbrochener Funkenstrom über, aber wenn die Poldrähte von der Flasche entfernt werden, ist es ganz zufällig, ob man eine Ladung vorfindet oder nicht; offenbar folgt hier sehr schnell auf jede Ladung die Entladung durch den Draht der Inductions-

rolle; in dem Funkenstrome, welcher deshalb stetig erscheint, läſst sich jedoch der Entladungsfunke von den Ladungsfunken nicht unterscheiden. Daſs jedoch hier nicht etwa eine unmittelbare Vereinigung der Elektricitäten beider Poldrähte durch die Glasschicht hiedurch stattfinde, wie Manche anzunehmen scheinen, läſst sich in dem schon längst bekannten Entladungsphänomen erkennen, welches man erhält, wobei man zwei Drähte, deren Enden die Belegungen berühren, einander sehr nahe bringt, worauf die glänzenden Entladungsfunken, welche sehr leicht von den weniger leuchtenden Ladungsfunken zu unterscheiden sind, in groſser Menge überspringen. Der Grund, weſshalb man den Entladungsfunken an den Poldrähten selbst nicht zu unterscheiden vermag, ist, daſs im letzteren Falle die Entladung durch den langen und dünnen Draht der Inductionsrolle, d. h. durch einen Schlieſsungsdraht von groſsem Widerstande, in jenem Falle hingegen durch den kurzen Verbindungsdraht beider Belegungen erfolgt; es ist aber bekannt, daſs, obwohl in beiden Fällen die Schlagweite dieselbe bleibt, eine Leydener Flasche mag durch einen kurzen oder durch einen langen Schlieſsungsdraht entladen werden, das Licht- und Schall-Phänomen durch den dünnen Schlieſsungsdraht auſserordentlich geschwächt und selbst ganz unwahrnehmbar gemacht werden kann; dieſs ist offenbar der Fall, wenn sowohl Ladung als Entladung durch den Inductionsdraht allein erfolgen; deshalb die Täuschung als ob eine unmittelbare Vereinigung beider Elektricitäten durch den ununterbrochenen Funkenstrom stattfände, gleich wie wenn die trennende Schicht des Isolators gar nicht vorhanden wäre.

Da die an den Poldrähten auftretende Spannung der Elektricität immer gering ist im Vergleiche zu derjenigen, die von dem Conductor einer gewöhnlichen Elektrisirmaschine geliefert wird, so war es mir sogleich klar, daſs man eine ähnliche Stärke der Ladung (d. h. Dichtigkeit der Elektricität auf den Belegungen) wie bei der gemeinen Elektricität von dem Inductionsstrome nur dann erwar-

ten könnte, wenn zugleich der *Verstärkungscoëfficient* der Flasche, d. h. nach Hrn. Riefs das Verhältnifs der Dichtigkeiten der Elektricität, an dem Ende des Zuleitungsdrahtes und in der Belegung selbst vergröfsert wird; das einzige Mittel hiezu ist die Verringerung der Dicke der isolirenden Schicht. Ich liefs daher eine Anzahl Franklin'scher Ladungstafeln aus sehr dünnem Glase ($\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{3}$ Linie Dicke) anfertigen, jede Belegung etwa $\frac{1}{2}$ Quadratfufs grofs, der unbelegte Rand mittelst Bernsteinfirnifs sorgfältig isolirt, verband 16 solcher Tafeln mit einander zu einer einzigen Leydener Batterie und erhielt nun mittelst des obigen Inductionsstromes eine sehr starke Ladung; wurden die Pole des Inductionsdrahtes von der Batterie gelöst, so blieb die letztere bleibend geladen und noch nach Stunden erhielt man einen kräftigen Schlag durch die Arme; die Schlagweite der Ladung betrug kurz nach der Trennung von den Poldrähten 1 bis $1\frac{1}{2}$ Linien und die Entladung durch einen kurzen und dicken Draht gab einen sehr glänzenden Funken und lauten Knall. Näherte man den einen Poldraht der einen Belegung auf ungefähr 1 Linie Entfernung, während der zweite Poldraht mit der anderen Belegung metallisch verbunden war, so sprangen zahlreiche Funken auf die Erste über, welche die Batterie luden; nach kaum Einer Sekunde hörten diese Funken auf oder wurden doch sehr schwach und nun war die Batterie geladen und man mufste die Poldrähte oder wenigstens einen derselben sofort entfernen, um die Ladung bleibend zu erhalten; thut man diefs nicht, so erfolgt die Entladung durch den Inductionsdraht von selbst und zwar hier, wegen der Gröfse der Batterie und der Menge der gebundenen Elektricität in einer sichtbaren und hörbaren Weise: es schlägt eine breite gelbe schwach leuchtende Flamme mit dumpfem Geräusche über, ähnlich der Explosion bei Entzündung einer feinen Wasserstoffgasflamme; sowie aber die Selbstentladung erfolgt ist, beginnt sofort der Funkenstrom der Ladung wieder, bis er wiederum immer schwächer werdend und endlich ganz aufhörend eine neue Entladung herbeiführt,

welche letztere zu verhindern es kein anderes Mittel als die schleunige Entfernung der Poldrähte von dem Zuleitungsdrahte der Belegung giebt.

Der Zeitraum zwischen je zwei auf einander folgenden Selbstentladungen der Batterie ist, wie man sogleich gewahr wird, durchaus abhängig von der Entfernung des Poldrahtes von dem Zuleitungsdrahte der Belegung; da nach den bisher bekannten Gesetzen der Reibungselektricität die Schlagweite allein von der Dichtigkeit der Elektricität am Ende des Drahtes oder Knopfes der Belegung, nicht aber von der Natur des Schliefsungsdrahtes, abhängt, so ist klar, dafs die Selbstentladung der Batterie durch den Inductionsdraht immer erfolgen mufs, sobald die Dichte der Elektricität am Ende des Zuleitungsdrahtes derjenigen Schlagweite entspricht, welche der Entfernung des Poldrahtes von dem Zuleitungsdrahte gleichkommt; ist diese Entfernung geringer, so folgen die Entladungen häufiger auf einander, als wenn man diese Entfernung vergröfsert, ja bei einem bedeutenden Abstande der Drähte von einander kommt es vor, dafs keine Selbstentladung stattfindet, d. h. dafs die Dichte der Elektricität am Ende des Zuleitungsdrahtes nie diejenige Gröfse erreicht, welche der dieser Entfernung gleichkommenden Schlagweite entspricht; es mufs daher irgendwo eine Ausgleichung der angesammelten Elektricitäten auf anderem Wege als durch den Inductionsdraht stattfinden, und ich habe mich überzeugt, dafs dieser Elektricitätsverlust überall vorkommt, wo bei einer grofsen Batteriefläche nicht für sehr gute Isolation des unbelegten Randes der Glastafeln gesorgt ist.

Um die Menge der angesammelten Elektricität so grofs wie möglich zu machen, versuchte ich die Glasplatten durch dünnere isolirende Substanzen zu ersetzen und dadurch den Verstärkungscoëfficienten der Elektricitäten zu vergröfsern; zunächst nahm ich Wachstaffet von der feinsten Sorte, sowohl gefärbten, wie durchsichtigen gelben, wie man ihn gewöhnlich zur Verfertignng des Fizeau'schen Condensators anwendet. Zwei Stanniolplatten von je 6 Quadratfufs

Fläche wurden durch zwei gleich grofse Stücke solchen Wachstaffets isolirt und das Ganze auf einen dünnen Holzcylinder gerollt. Diese Batterie wurde allerdings ebenso stark geladen wie die oben erwähnte Glasbatterie, aber die Ladung war nie bleibend, schon nach wenigen Sekunden, nachdem die Poldrähte von den Belegungen getrennt waren, war kaum mehr eine Ladung bemerkbar. Auch zeigte sich hier während der Ladung das oben erwähnte Schwächerwerden der von dem Poldrahte auf die Belegung überspringenden Funken oder das gänzliche Aufhören derselben nur in geringem Grade, obwohl bei hinreichend geringem Abstande des Poldrahtes von der Belegung eine regelmäfsige Selbstentladung der Batterie stattfand. Es fand hier offenbar ein grofser Elektricitätsverlust über den unbelegten Rand der isolirenden Schicht hinweg statt, wenn man nicht selbst eine schwache Vereinigung der Elektricitäten durch die isolirende Schicht hiedurch annehmen will; hauptsächlich schien mir der Elektricitätsverlust durch eine dünne Schicht atmosphärischer Feuchtigkeit, die hartnäckig an der Oberfläche des unbelegten Randes haftet, bedingt zu seyn. Als Ladungsbatterien sind daher solche Wachstaffetapparate nicht zu gebrauchen, während sie als Condensatoren von ausgezeichneter Wirkung sind.

Bei Weitem dem Wachstaffet als isolirende Schicht zwischen den Belegungen vorzuziehen ist die Guttapercha, welche man jetzt in grofsen und sehr dünnen Stücken, nicht dicker als feines Papier erhalten kann. Ich habe mehrere solcher Guttapercha-Batterien, jede Belegung zu 6 Quadratfufs verfertigt und gefunden, dafs dieselben eine erhaltene Ladung aufserordentlich lange Zeit hindurch binden, dafs ferner die Guttapercha-Batterie in Bezug auf den Verstärkungscoëfficienten, wie schon wegen der gröfseren Dünne der isolirenden Schicht zu erwarten ist, das Glas bei Weitem übertrifft. Allein es findet hiebei ein grofser Uebelstand statt, der bei der Glasbatterie nie, bei der Wachstaffetbatterie nur selten eintrat, das Durchschlagen der Elektricität durch die dünne Guttapercha-Schicht, wo-

durch diese für starke Ladungen unbrauchbar gemacht wird. Wenn es gelänge einen Stoff aufzufinden, welcher dieselbe Undurchdringlichkeit für Elektricität darböte wie Glas, sich aber zu einer papierdünnen Schicht ausarbeiten liefse, so müfste man dann mit einer aus diesem Stoffe construirten Batterie mittelst schwacher galvanischer Ströme aufserordentliche Wirkungen der statischen Elektricität hervorrufen können.

Verschiedene Sorten Guttapercha-Papier zeigen einen grofsen Unterschied sowohl in der Fähigkeit grofse Mengen Elektricität auf den angränzenden Belegungen anzusammeln, als auch in der Festigkeit, mit welcher die gesammelte Elektricität dauernd gebunden bleibt; namentlich hat sich mir in beiden Beziehungen die hell rosa gefärbte Sorte bewährt, welche eine erhaltene Ladung viele Stunden hindurch bewahren konnte. Aber freilich durfte eine solche Batterie wegen des Durchschlagens der Elektricitäten nur mittelst eines schwachen galvanischen Stromes erregt werden, und fand ich hiezu den Strom eines Daniell'schen Elementes vollkommen hinreichend. Eine solche Guttapercha-Batterie konnte ich sogar durch den Strom einer magnetoelektrischen Maschine bleibend laden, wobei die Ladung ganz in derselben Weise wie durch die Inductionsrolle erfolgt; nur mufs man, wegen der geringen Spannung des magneto-elektrischen Stromes, damit der Versuch gelinge, zwischen dem Poldrahte, von welchem die Funken auf die Belegung überspringen sollen, und dieser Belegung selbst ein sehr dünnes Stück Seidenzeug legen, damit keine metallische Berührung beider eintrete und die gegenseitige Entfernung dennoch gering genug bleibt um ein Uebergehen der Ladungsfunken zu veranlassen.

Die wesentliche Bedingung zur Ladung irgend einer Leydener Batterie durch den Inductionsstrom, dafs nämlich einer der Poldrähte *nicht* in unmittelbarer Berührung mit der entsprechenden Belegung stehe, ist allein deshalb nothwendig um die sofortige Entladung der Flasche durch die Inductionsrolle selbst zu verhüten, nicht aber etwa, wie

man glauben konnte, wegen der ursprünglich in der Inductionsrolle hin- und hergehenden abwechselnden Richtung des Inductionsstromes. Allerdings wird bei jeder Schliefsung des inducirenden galvanischen Stromes dieselbe Quantität Elektricität in der Inductionsrolle bewegt als bei der Unterbrechung des Hauptstromes, und zwar in der entgegengesetzten Richtung; allein der Schliefsungsstrom kann seiner ganzen Entstehungsweise nach nie auch nur im Entferntesten denjenigen Grad der Spannung erreichen, welcher nöthig wäre, damit er einen Einflufs auf die Ladung der Batterie durch den Unterbrechungsstrom oder Extracurrent ausüben könne; der Schliefsungsstrom bewegt sich, obwohl mit derselben Elektricitätsmenge wie der Oeffnungsstrom, doch im Vergleiche zu letzterem mit einer so geringen Geschwindigkeit, dafs ich selbst eine physiologische Wirkung des ersteren für sich allein nicht für wahrnehmbar halte, diese vielmehr immer auf Rechnung des Oeffnungsstromes geschrieben werden mufs.

Um den Effect, welchen die Vergröfserung der Fläche einer Guttapercha-Batterie auf die Gröfse der erhaltenen Ladung bei constantem Inductionsstrom und bei einer bestimmten gleichbleibenden Entfernung des Poldrahtes vom Ende des Zuleitungsdrahtes hat, besser beobachten zu können, verband ich jede der Belegungen mit einem kurzen dicken Drahte, deren freie Enden beliebig einander genähert werden konnten; war die Entfernung dieser beiden Drahtenden von einander geringer als diejenige zwischen dem Poldrahte und der Belegung, so konnte die Entladung der Batterie immer nur durch jene, nie durch den Inductionsdraht erfolgen; wenn die Strom unterbrechende Vorrichtung der Inductionsmaschine gleichmäfsig arbeitete, so erfolgte in der That in regelmäfsigen Zeiträumen, wie etwa jede Sekunde, die Entladung der Batterie zwischen den dicken Drähten. Diese Vorrichtung läfst sich also mit einer Lane'schen Flasche vergleichen, indem bei constanter Schlagweite und constantem Inductionsstrome die Anzahl der Selbstentladungen in einem Zeitraume die Menge der

während dieser Zeit auf die Belegungen übergegangenen Elektricität angiebt. Als ich nun eine zweite Batterie derselben Art und Gröfse mit der ersten verband, d. h. den Flächeninhalt der Belegungen verdoppelte, so erfolgten die Selbstentladungen in nahezu doppelt so grofsen Zwischenräumen, als mit der ersten Batterie allein. Da die Entladung der Batterie in beiden Fällen nur bei derselben Dichtigkeit der Elektricität an den Enden der Zuleitungsdrähte stattfinden kann, da ferner die Dichtigkeit in den Belegungen in jedem Augenblicke der Dichtigkeit an den Enden der Zuleitungsdrähte proportional ist, so mufs auch bei der doppelten Gröfse der Batterie zwischen je zwei Entladungen die doppelte Elektricitätsmenge als bei der einfachen auf die Belegungen übergegangen seyn. Legte ich nun noch eine dritte Batterie an, so schien der Zwischenraum zwischen zwei successiven Entladungen sich in noch gröfserem Maafse zu vergröfsern, als diefs die Flächenvergröfserung der Belegungen verlangte, und bei einer vierfachen Batterie erhielt ich, wenn die ursprüngliche Schlagweite etwas grofs gewählt war, oft gar keine Entladung mehr, weder durch die kurzen Drähte noch durch den langen Inductionsdraht, obwohl letzterer fortwährend Funken auf die Belegung aussendete. Es kann diefs Ausbleiben der Entladung offenbar nur einem Verlust an Elektricität über den unbelegten Rand der isolirenden Schicht hinweg zugeschrieben werden, worüber man sich bei der Gröfse der Batterie nicht wundern darf. Das Maximum der Dichte der Elektricität, welche man an den Belegungen einer Guttapercha-Batterie mittelst der Inductionsmaschine anhäufen kann, nimmt also ab, wenn die Flächengröfse der Batterie zunimmt; es mufs also eine bestimmte Gröfse der Belegungen geben, bei welcher *caeteris paribus* die Menge der überhaupt angeführten Elektricität, d. h. das Product der Fläche in das Maximum der Dichte, ein Gröfstes ist.

Bei der Ladung der Leydener Flasche durch die gewöhnliche Elektrisirmaschine nimmt man an, dafs bei jeder Gröfse der Flasche das Maximum der Dichte, zu welcher

die Flasche geladen werden kann, dieselbe bleibe, dafs also die Menge der Elektricität, welche eine solche Flasche aufzunehmen vermag, proportional der Belegungsfläche sey; welches auch in sofern richtig seyn mag, als bei der Form und geringen Gröfse solcher Flaschen im Allgemeinen der Elektricitätsverlust während der Ladung unbedeutend ist, obwohl hier eine bei weitem gröfsere Zeit zur Ladung vergeht, als bei der Inductionsmaschine. Meinen Guttapercha-Batterien, ebenso wie der oben beschriebenen Glasbatterie aus 16 Franklin'schen Tafeln bestehend, konnte ich mittelst einer guten Elektrisirmaschine nur eine sehr schwache Ladung geben, offenbar wegen unzureichender Isolation in der grofsen Ausdehnung des unbelegten Randes; auch glaube ich schliefsen zu müssen, dafs bei sehr geringer Dicke und grofser Flächenausdehnung der isolirenden Schicht ein Theil der auf beiden Seiten derselben angesammelten Elektricitätsmenge immer durch Mittheilung oder Leitung durch diese Schicht hindurch zur Ausgleichung kommt und so für die unmittelbare Entladung verloren gehe. Selbst durch sehr dünnes Glas hindurch scheint eine solche Ausgleichung bei starker Spannung der angesammelten Elektricitäten stattzufinden, wovon ich mich bei den jetzt zu beschreibenden Versuchen überzeugte.

Es werden auf den Glashütten sehr dünne Kugeln von Glas geblasen, welche dann auf der inneren Fläche mit Spiegelamalgam belegt werden und so in den Handel kommen. Ich überzog nun die äufsere Fläche einer solchen Kugel, deren Durchmesser drei Zoll, deren Glasdicke kaum $\frac{1}{10}$ Millimeter betrug, mit Blattgold und befestigte an der inneren Metallbelegung einen Zuleitungsdraht; die Kugel stellte so eine kleine Leydener Flasche dar, welche wegen der Dünne der isolirenden Schicht eine unglaubliche Menge von Elektricität bleibend zu binden vermochte; sowohl die Bindung der Reibungselektricität als die der galvanischen Inductionselektricität läfst sich durch keine andere Vorrichtung anschaulicher als durch eine solche leicht herzustellende Kugelflasche zeigen. Die Verdichtung der Elektricität auf der

inneren Belegung durch die gewöhnliche Elektrisirmaschine war so stark, dafs eine Sättigung derselben nicht stattfand, so lange auch die Maschine gedreht werden mochte, während bei einer gewöhnlichen Leydener Flasche von $\frac{1}{8}$ Zoll Glasdicke schon nach 20 bis 30 Umdrehungen meiner Maschine keine Elektricität mehr aufgenommen wurde. Eine einzige solcher Kugelflaschen zeigt auch die Ladung durch den Inductionsstrom sehr schön, und hat den Vorzug vor der Guttapercha-Batterie, die Ladung längere Zeit hindurch bleibend zu erhalten; dieselbe nimmt ebenfalls durch den magneto-elektrischen Strom der Saxton'schen Maschine eine bleibende Ladung an, die aber wegen der geringeren Spannung dieses Stromes natürlich weit schwächer ist, als die Ladung durch den Strom der elektromagnetischen Inductionsmaschine.

Ich construirte eine Batterie von 8 solchen Kugelflaschen und konnte in dieser Batterie eine grofse Menge der Inductionselektricität condensiren. Der Schlag einer auf diese Weise bis zum Maximum geladenen Kugelbatterie hat, wenn man dieselbe mit den Händen entladet, eine äufserst heftige Wirkung; allein ich vermochte nie die grofse Schlagweite als mit der oben beschriebenen Glasplattenbatterie hervorzubringen. Bringt man den die Batterie ladenden Pol des Inductionsdrahtes in eine gewisse möglichst grofse Entfernung vom Zuleitungsdrahte, so gehen anfangs äufserst zahlreiche hell leuchtende Funken über, die mit der zunehmenden Ladung seltener und schwächer werden, ohne je ganz aufzuhören; es findet aber in dieser Entfernung keine Selbstentladung der Flasche durch den Inductionsdraht statt, wie vorhin bei der Batterie aus dickeren Glasplatten. Hieraus glaube ich schliefsen zu müssen, dafs bei grofser Spannung der Ladung wegen der Dünne der isolirenden Glasschicht eine theilweise Ausgleichung der Elektricitäten durch Mittheilung stattfindet. Nähert man den ladenden Pol des Inductionsdrahtes der Belegung, so tritt auch alsbald die Selbstentladung durch diesen Draht ein, welche bei einer

solchen Kugelbatterie auffallend heftig ist, wegen der grofsen Menge der angesammelten Elektricität.

Für die Entladung mit möglichst grofser Schlagweite scheint hingegen die oben beschriebene Batterie aus dünnen Glasplatten die vortheilhafteste zu seyn, indem bei ihr das Maximum der Schlagweite, wie es auch der Theorie nach seyn mufs, mit der gröfsten Funkendistanz zwischen den Polen des Inductionsdrahtes selbst oder vielmehr zwischen dem ladenden Poldrahte und dem Zuleitungsdrahte der Belegung nahezu übereinstimmt.

Die Lichtstärke des Entladungsfunkens ist nach den Untersuchungen von Masson dem Quadrate der Schlagweite und der Quantität der gebundenen Elektricität einfach proportional; aus zahlreichen Versuchen glaube ich schliefsen zu müssen, dafs ganz dasselbe Gesetz auch auf die Stärke des Schalles, welcher die Entladung begleitet, sowie auf die physiologische Wirkung derselben anwendbar ist; die stärksten Licht- und Schall-Effecte erhielt ich bei gleichbleibendem Inductionsstrome an der Glasplattenbatterie, an welcher auch die Schlagweite im Maximum der Ladung immer die gröfste war. Besonders schön zeigt sich der Licht- und Schall-Effect, wenn man die Entladung der Batterie zwischen einem Draht und einer Metallfläche, auf welche eine dünne Schicht Alkohol gegossen ist, vor sich gehen läfst; man sieht dann kurz vor jeder Entladung den Alkohol unter dem Drahte sich hügelförmig emporheben und darauf mit heftigem Knallen die Entladung durch die Flüssigkeitsschicht hindurch oder über dieselbe hinweg erfolgen. Ein ähnlicher auffallender Versuch läfst sich darstellen, wenn die Glasplatten, aus denen die Batterie zusammengesetzt ist, in möglichst gleicher Entfernung (etwa $\frac{1}{2}$ Zoll) voneinander parallel übereinander geschichtet sind; dann schlägt der Entladungsfunke bei einem bestimmten Abstande des ladenden Inductionsdrahtes von der Belegung etwa alle Sekunden zwischen den einzelnen Glasplatten und zwar an meistens verschiedenen Stellen über, in ähnlicher Weise wie bei einem Gewitter zwischen den übereinander

gelagerten Wolkenschichten, die mit entgegengesetzten Elektricitäten geladen sind, die Entladung erfolgt, sobald die Elektricität in denselben eine gewisse Dichte erreicht hat; wenigstens wird man an die Analogie beider Phänomene sogleich erinnert, wenn man zum ersten Male die regelmäfsige Selbstentladung in der Glasplattenbatterie wahrnimmt.

Bei Anwendung der Kugelflaschen aus dünnem Glase tritt es zuweilen ein, dafs wenn man eine solche Flasche zum ersten Male mittelst des Inductionsstromes ladet, das Glas sogleich durchlöchert wird, was davon herrührt, dafs an einer Stelle die Glashaut durch fehlerhaftes Blasen aufserordentlich dünn gewesen ist. Eine solche Flasche ist alsdann natürlich nicht mehr zu gebrauchen; man thut daher wohl, eine jede neue derartige Flasche, ehe man dieselbe zu Versuchen mit galvanischer Elektricität anwendet, erst mittelst Reibungselektricität zu prüfen; denn wenn sie eine starke Ladung einer guten Elektrisirmaschine aushält ohne zu zerspringen und diese Ladung längere Zeit hindurch behält, so ist sie auch gut geeignet zu allen mittelst des Inductionsstromes anzustellenden Versuchen.

Mit sämmtlichen im Vorgehenden beschriebenen Batterien habe ich auch Versuche angestellt, um dieselben mittelst des Inductionsstromes als Franklin'sche Batterie oder *par cascade* zu laden, was auch mit Flaschen jeder Art vollkommen gelang. Wie vorauszusehen war, wird die Schlagweite, ganz wie es aus den von Hrn. Riefs für die Ladung *par cascade* entwickelten Gesetzen hervorgeht, in allen Fällen bedeutend vergröfsert; allein diefs führt zugleich den Uebelstand mit sich, dafs alsdann die Selbstentladung durch den Inductionsdraht so sehr erleichtert wird. Verband ich die 16 Tafeln meiner Glasbatterie auf die genannte Weise miteinander, so wurde durch die geringste Ladung zugleich eine Entladung herbeigeführt, gerade so wie es bei einer Leydener Flasche aus dickem Glase der Fall ist. Diese Verbindungsweise fand ich einzig passend bei der Guttapercha-Batterie, an deren einzelnen Flaschen die Schlag-

weite an und für sich immer sehr klein ist; durch eine Verbindung derselben zu einer Franklin'schen Batterie vergröſsert man diese Schagweite bedeutend und vermag zugleich zu verhindern, daſs die einzelnen Guttapercha-Blätter von der Elektricität durchschlagen werden.

Alle von mir gebrauchten Batterien habe ich auch in der Weise zu laden versucht, daſs die eine Belegung, so wie der eine Pol des Inductionsstromes, zur Erde abgeleitet wurde und der andere Pol der anderen Belegung so weit genähert wurde, daſs Funken auf die letztere übergingen. Es wurde in allen Fällen auf diese Weise die Batterie geladen, aber bedeutend schwächer als durch die frühere directe Ladung, was sich aus dem groſsen Widerstande der betreffenden Theile des Erdbodens, durch welchen der Inductionsstrom zu gehen genöthigt war, erklären läſst. Selbst bei der gemeinen Elektricität, obwohl diese im Allgemeinen eine weit höhere Spannung als der Inductionsstrom besitzt, läſst sich ein Unterschied in der Ladung einer Leydener Flasche bemerken, je nachdem die äuſsere Belegung der letzteren unmittelbar mit dem Reibzeug verbunden, oder diese Verbindung nur durch den Fuſsboden des Zimmers oder das Holz des Tisches bewerkstelligt ist. Um so weniger kann dieser Unterschied bei dem Strome der Inductionsmaschine auffallen, obwohl die Schlagweite der Inductionsfunken auch bei der schlechtesten Ableitung des anderen Poles nicht vermindert erscheint, wohl aber die Helligkeit der Funken.

Um die Selbstentladung der Batterie zu verhindern, versuchte ich die Ladung durch *zwei* Inductionsmaschinen zu bewerkstelligen, in welchen die Schlieſsung und Unterbrechung des Hauptstromes *isochron*, d. h. durch denselben Stromunterbrecher verrichtet wurde; verband ich nun die eine Belegung der Batterie mit dem positiven Pole der einen Maschine, die andere Belegung in der Schlagweite mit dem negativen Pole der anderen Maschine, und lieſs die beiden übrigen Poldrähte isolirt voneinander, so erhielt ich keine oder eine nur sehr unbedeutende Ladung, wie

zu erwarten war, da die entgegengesetzte Elektricität der mit der Leydener Batterie verbundenen Pole nicht abgeleitet wurde. Verknüpfte ich die beiden frei gebliebenen Drahtenden miteinander, so stellte sich sofort eine starke Ladung ein, gerade so als ob nur Eine aber doppelt so starke Maschine arbeitete. Verknüpfte ich hingegen die frei gebliebenen Drahtenden mit den Belegungen einer zweiten Leydener Batterie, so wurden beide geladen und zwar jede nur halb so stark als im zuletzt erwähnten Falle; dagegen trat auch hier bei dem Maximum der Ladung Selbstentladung durch den Inductionsdraht ein und zwar gleichzeitig von beiden Batterien.

In Bezug auf die von mir angewandte Inductionsmaschine will ich nur bemerken, dafs ich für die stromunterbrechenden Theile, sowohl die oscillirende Zunge als den Stift, die Anfertigung dieser Theile aus Palladium sehr vortheilhaft und diefs Metall selbst wirksamer als Platin gefunden habe. Die Isolationen der Windungen des dünnen Inductionsdrahtes von einander ist leicht und vollkommen zu bewerkstelligen, wenn man die Vorsicht gebraucht den Draht der Länge nach in einzelnen gut getrennten Rollen aufzuwinden, wie es schon von Hrn. Poggendorff angegeben ist, damit der Spannungsunterschied in dem gerade übereinander liegenden Windungen nicht zu grofs werde; doch tritt gerade bei dieser Construction der Nachtheil ein, dafs eine vollkommene Isolation der inducirenden Drahtrolle von der inducirten nie zu erreichen ist, so viel Mühe ich mir auch in dieser Beziehung gegeben habe. Der Draht war auf Cylinder von dünnem, trocknem Holze gewunden, aber schon bei Anwendung von zweien Grove'schen Elementen wurde die Spannung des inducirten Stromes so stark, dafs an einzelnen Stellen die Funken die Holzwand durchbrachen und eine Verkohlung des Holzes erfolgte, wenn nicht der Hauptstrom schnell unterbrochen wurde; ich will daher, um die Maschine nicht für starke Ströme unbrauchbar werden zu lassen, noch

einen Versuch machen, den etwa 16000 Fuſs langen Draht auf Glascylinder zu winden [1]).

Man begeht gewöhnlich in der Construction der Inductionsmaschine den Fehler, den inducirten Draht zu nahe auf den inducirenden zu winden, indem man von der im Ganzen richtigen Ansicht ausgeht, daſs die Maschine um so kräftiger wirke, je näher beide Drähte aneinander liegen; allein die *mittlere* Entfernung der Windungen beider Rollen von einander wird nicht wesentlich vergröſsert, wenn man zwischen beiden einen gewissen Zwischenraum frei läſst, der mit einer gut isolirenden Substanz ausgefüllt wird, und der Vortheile, den man durch eine vollkommene Isolation auf diese Weise bei Anwendung starker galvanischer Ströme erhält, wiegt den geringen durch den gröſseren Abstand der Drahtrollen herbeigeführten Verlust bei weitem auf.

Einer der glänzendsten Versuche ist die Darstellung des elektrischen Lichtes durch den Inductionsstrom, welcher schon mit einer guten Maschine bei Anwendung Eines Grove'schen Elementes gelingt. Man darf aber hiezu nur *Holzkohle* anwenden, welche mit feinem Metalldrahte umwunden ist; macht man einen solchen Kohlencylinder zum negativen Pol und nähert irgend einem Punkte der Kohle den positiven Pol des Inductionsstromes in der Form eines feinen Platindrahtes, so erhält man diese Erscheinung sehr schön; bildet die Kohle den positiven Pol, so zeigt sich das Phänomen nur unbedeutend, da bekanntlich auch die Wärmewirkung an diesem Pole, in Gegensatz zu dem Vorgange im gewöhnlichen galvanischen Strome, sehr schwach ist.

In keinem Versuche auf dem Gebiete der Elektricitätslehre treten die Phänomene des galvanischen Stromes und die der Reibungselektricität einander so nahe und gehen gewissermaſsen beide Gebiete in einander über, als in dem Versuche der Ladung der Leydener Batterie durch elektromagnetische Induction.

Die Inductionsphänomene waren schon immer diejeni-

1) Meine Inductionsdrähte sind sämmlich auf Glas gewickelt. (*P.*)

gen, an welchen man zuerst und am deutlichsten erkannte, dafs die durch Reibung und die durch Metallcontact entstandene Elektricität ihrem Wesen nach eine und dieselbe seyen, dafs sie nur einige von ihrem verschiedenartigen Ursprunge herrührende quantitative Unterschiede darböten, die wir mit Spannung, Intensität und Aehnlichem bezeichnen, ohne jedoch damit eine nähere Kenntnifs des Wesens dieser Unterschiede erlangt zu haben. Seitdem es gelungen ist, mittelst der Reibungselektricität die Magnetnadel abzulenken und Wasser zu zersetzen, und andererseits durch den Inductionsstrom eine Ansammlung statischer Elektricität auf den Belegungen der Leydener Flasche in beliebiger Menge zu bewirken, — seitdem man gesehen, wie in beiden Gebieten alle Wirkungen der Elektricität mit einander parallel gehen und die von der Entstehungsursache derselben herrührenden quantitativen Unterschiede von Spannung, Intensität, Quantität, sich beliebig in einander verwandeln lassen, dürfte es nahe liegen, zu fragen, ob nicht auch ihrer Entstehungsweise nach beide Elektricitäten als identisch aufgefast werden können, d. h. ob nicht die Reibungselektricität ebenfalls dem Contacte heterogener Körper ihren Ursprung verdanke, ebenso wie der galvanische Strom. Durch den Volta'schen Fundamentalversuch ist es bewiesen, dafs durch die blofse Berührung heterogener Körper Elektricität erregt wird; die Reibung, welche in der Elektrisirmaschine als Ursache der entstandenen Elektricität angesehen wird, ist aber offenbar nichts Anderes als ein häufig wiederholter Contact zwischen den gleichen Theilen eines Leiters (des Reibzeuges) und immer neuen, vorher unelektrischen Theilen eines heterogenen Körpers, der Glasscheibe oder eines anderen Isolators, und nur wenn die Reibung heterogener Körper in diesem Sinne, nämlich als ein möglichst vollkommner Contact derselben, aber nicht wie bei dem galvanischen Contacte derselben Theile der betreffenden Körper, sondern als Berührung stets neuer Theile eines Isolators mit denselben oder neuen Theilen eines Leiters, aufgefafst wird, ist es

möglich, die Entstehungsursache der galvanischen und der Reibungselektricität unter Einem Gesichtspunkt aufzufassen, und an eine Erklärung der an ihnen auftretenden Unterschiede in Bezug auf Spannung, Intensität, Quantität aus der Natur der in Contact gebrachten Körper selbst zu denken.

Berühren sich zwei heterogene metallische Körper in gewissen Punkten, so erzeugt sich zunächst nur an diesen Punkten ein eigenthümlicher Zustand der betreffenden materiellen Theile, welchen wir Elektricität nennen. Die Metalle als Leiter haben nun die Eigenschaft, diesen eigenthümlichen Zustand in äufserst geringen Zeiträumen allen Theilen der Masse oder wenigstens der äufseren Oberfläche derselben, mitzutheilen; es wird also an den sich berührenden Theilen so lange Elektricität erzeugt werden, bis alle Theile der Massen in denselben Zustand wie jene versetzt sind, d. h. bis die Dichtigkeit der Elektricität in allen Punkten dieselbe geworden; alsdann hört die Elektricitätserregung auf, wenn nicht, wie es bei der galvanischen Kette der Fall ist, durch Verbindung der beiden heterogenen Massen miteinander mittelst eines aufserhalb der Spannungsreihe stehenden Elektrolyten, die Elektricitäten von gewissen Punkten und damit von der ganzen Masse stetig entfernt werden und damit zugleich eine continuirlich fortdauernde Erregung neuer Elektricität an den im Contact befindlichen Stellen veranlafst wird. Diefs ist durch den Volta'schen Fundamentalversuch und mehr noch, was die Gleichheit der elektrischen Dichtigkeit an allen Punkten betrifft, durch die Versuche Faraday's und Wheatstone's der Ladung isolirter unter Wasser getauchter Telegraphendrähte von grofser Länge, bewiesen.

Ist nun aber Einer der in Berührung stehenden heterogenen Körper ein Isolator, d. h. vermag er nicht oder nur sehr langsam den an den sich berührenden Theilen entstandenen elektrischen Zustand auf benachbarte Theile zu übertragen, so können die letzteren nur dann elektrisch werden, wenn sie *successive* mit dem anderen Körper in

Berührung gebracht, d. h. mit ihm *gerieben* werden und nur die so geriebenen Theile des Isolators werden elektrisch. Es ist aber immer erforderlich, daſs Einer der geriebenen Körper (hier das Reibzeug) ein Leiter der Elektricität sey, denn gesetzt es sey dieſs ebenfalls ein Isolator, so würden zwar die zuerst in Contact tretenden Theile der Glasscheibe und des Reibzeuges beide elektrisch werden; wenn aber nun mit dem isolirt bleibenden Reibzeuge neue unelektrische Theile der Glasscheibe in Berührung kommen, so würden diese durch *Mittheilung* die Elektricität des Reibzeuges, durch die Wirkung des *Contactes* aber in gleichem Grade die entgegengesetzte Elektricität annehmen, d. h. sie würden unelektrisch bleiben. Auch die besten Isolatoren theilen den elektrischen Zustand ihrer Oberfläche, wenn dieser lange andauert, in gewissem Grade den im Innern in kleinem Abstande von der Oberfläche gelegenen Theilen mit; ebenso langsam verliert sich daher auch bei guten Isolatoren die Elektricität von diesen inneren Theilen, wenn sie schon von der Oberfläche entfernt worden ist; hieraus ergiebt sich die Eigenschaft aller Isolatoren, mehr oder weniger *Elektrophore* zu seyn.

Obgleich der Durchführung der eben angedeuteten theoretischen Ansichten im Einzelnen noch viele Schwierigkeiten im Wege stehen, unter welchen die Erklärung der groſsen elektrischen Spannung, welche geriebene Isolatoren an ihrer Oberfläche erlangen, und welche man durch den galvanischen Contact nie zu erzielen vermag, nicht die geringste ist, so werde ich doch versuchen diese Schwierigkeiten durch neue entscheidende Versuche aus dem Wege zu räumen. Der Gedanke, die Quelle der Reibungselektricität auf den Contact heterogener Körper zurückzuführen, bot sich mir bei meinen zahlreichen Versuchen über die Ladung der verschiedenartigen oben beschriebenen Batterien sowohl mit galvanischer als mit Reibungselektricität gewissermaſsen von selbst dar und stellt zugleich eine solche Vereinfachung in dem Zusammenhange der Erscheinungen auf dem Gesammtgebiete der Elektricitätslehre in

Aussicht, dafs ich mich bemühen werde, weitere Versuche über diesen interessanten Gegenstand anzustellen und bald Ausführlicheres in dieser Beziehung zu berichten hoffe.

Dresden im December 1855.

IV. *Ueber die Strahlen, die ein leuchtender Punkt im Auge erzeugt; von H. Meyer in Leipzig.*

---

1. Die Vergröfserung, die das Bild eines leuchtenden Punktes durch die sphärische Abweichung im Auge erfährt, d. i. der Strahlenkranz (Pogg. Ann. 1853, Bd. LXXXIX, S. 540), ist nicht gleichförmig, sondern man kann in demselben deutlich mehrere helle, strahlenförmige Streifen unterscheiden. Ist der leuchtende Gegenstand klein oder sehr entfernt, so sieht man nur diese Strahlen und die mit denselben in Verbindung stehenden Verzweigungen, auf die wir weiter unten zurückkommen werden; der dazwischen befindliche Raum ist fast dunkel. Ist aber die Oeffnung gröfser und der Beobachter nicht zu sehr entfernt, so erscheinen die Zwischenräume nicht mehr dunkel, sondern mit Licht erfüllt, dessen Helligkeit jedoch immer noch bedeutend gegen die der jetzt breiter gewordenen Strahlen zurücksteht.

2. Dafs die Ursache dieser Strahlen, welche man in gleicher Weise an den Sternen erster bis dritter Gröfse wahrnimmt, im Auge und nicht in der Lichtquelle zu suchen, bewiefs schon Hassenfratz (*Ann. de chimie T.* 72, *p.* 5, 1809) und Dr. Fliedner (Pogg. Ann. Bd. 85, S. 321):

1) Wäre die Lichtquelle die Ursache, so müfsten Anzahl und Stellung der Strahlen bei den verschiedenen Beobachtern dieselbe seyn, was, wie später gezeigt werden wird, nicht der Fall ist.

2) Bei einer Drehung des Kopfes in verticaler Ebene zur Rechten oder Linken dreht sich der Strahlenkranz um denselben Winkel.
3) Betrachtet man das Licht durch eine kleine Oeffnung, so verschwinden die Strahlen, und die leuchtenden Körper erscheinen unter kleineren Dimensionen; in diesem Falle ist die Form nur durch die Beugung des Lichts an den Rändern der kleinen Oeffnung geändert.
4) Das Spiegelbild eines leuchtenden Punktes zeigt nicht die gegenbildliche, sondern die ebenbildliche Strahlenform.

3. Dafs die Ursache nicht in einem Einflusse der Augenlider, wie die der langen Strahlen (Pogg. Ann. Bd. 89, S. 429) oder in der Vertheilung der Flüssigkeitstheilchen, mit denen die Oberfläche des Auges bedeckt ist, gesucht werden darf, läfst sich leicht durch Bewegung des Auges nach rechts oder links nachweisen, wobei die Strahlen unverändert ihre Lage behalten, während sich die Lage der Pupille gegen die Augenlider ändert.

Hassenfratz giebt als Unterschied zwischen diesem Strahlenkranze und den langen Strahlen Folgendes an:

1) Die langen Strahlen werden nur bei zusammengezogenen Augenlidern erhalten, während der Strahlenkranz von der Stellung der Augenlider unabhängig ist.
2) Die langen Strahlen werden bei jeder Entfernung und Gröfse des leuchtenden Punktes bemerkt.
3) Die langen Strahlen haben blofs *eine* Hauptrichtung, die Strahlen im Strahlenkranze 4, 5, 6 bis 8 Richtungen, von denen eine parallel den Augenlidern ist.
4) Die *gegenseitige Lage der Strahlen* im Strahlenkranze wird nicht von allen Beobachtern gleich angegeben und ist auch für das rechte und linke Auge verschieden.

Hassenfratz giebt darüber an: »Die Anzahl der Strahlen verändert sich nach den Augen des Individuums; ziemlich allgemein bemerkt man zwei Strahlen *AB*, *AC*, Fig. 1 Taf. III, in der Richtung der Augen und einen dritten oberen *AD* normal darauf. Einige Beobachter unterscheiden

einen vierten *AE* in der Verlängerung von *AD*; andere sehen einen fünften *AF*, Fig. 2 Taf. III, und unter günstigen Umständen bemerken einige Beobachter 6 bis 8 Strahlen, Fig. 3 Taf. III.« Einen Strahl parallel den Augenlidern hält er für constant.

A. v. Humboldt (Kosmos, 3. Bd.) sah sehr regelmäfsig 8 Strahlen unter Winkeln von 45° bei Sternen erster bis dritter Gröfse, von mindestens 5 bis 6 Minuten Länge. Einige seiner astronomischen Freunde sahen nach oben drei höchstens vier Strahlen und nach unten keine.

Joslin, Professor zu New-York, giebt an [1]):

»Jedermann wird das strahlende Ansehen der Sterne und der Flamme einer entfernten Lampe oder Kerze beobachtet haben. Als ich diese Gegenstände untersuchte, bemerkte ich, dafs drei dieser Strahlen weit ansehnlicher waren als die übrigen, dafs sie gleichen Abstand hatten und dafs einer von ihnen senkrecht von unten in die Höhe gerichtet war.«

Aus diesen Beobachtungen und einigen Versuchen leitet er folgendes Gesetz ab:

»Es giebt für jedes Individuum bestimmte Richtungen von Irradiations-Maximis; bei einer Person von gewöhnlichem Gesicht sind diese Richtungen, drei an der Zahl, von gleichem Winkelabstande und folglich von $120° = \frac{1}{3}$ Kreisumfang. Bei gerader Stellung des Kopfes steigt die eine in der senkrechten Gesichtsebene, die durch den Mittelpunkt desselben Gegenstandes geht, geradezu in die Höhe und die beiden anderen steigen in Gesichtsebenen, die mit der ersten und unter sich respective Winkel von 120° machen, schief herab. Die Abnahme der Vergröfserung in den übrigen Richtungen ist beinah symmetrisch und gleich in Bezug auf diese drei Richtungen, und die scheinbare Gestalt des Gegenstandes nähert sich mehr und mehr der eines gleichseitigen Dreiecks, je nach Helligkeit, Entfernung und Gröfse des Gegenstandes.«

»Aus einer Entfernung von 5 bis 15 Fufs erschien der

1) Plateau in Pogg. Ann. 1842. Ergzbd.

runde Gegenstand als gleichseitiges Dreieck, dessen Umrisse sehr gut begränzt waren. Eine Zunahme der Gröfse macht eine gröfsere Entfernung nöthig; bei $\frac{1}{10}''$ Durchmesser 6 bis 8 Fufs am deutlichsten; bei $\frac{1}{5}''$ 12 bis 15 Fufs u. s. w. — Die Erscheinungen folgten den Veränderungen der Lage des Kopfes.«

Dr. Fliedner giebt für das rechte Auge die Gestalt, unter der ihm ein Stern oder überhaupt ein entfernter leuchtender Punkt erscheint, wie in Fig. 4 Taf. III, an; für das linke Fig. 5. »In beiden Figuren«, sagt er S. 322, »sind nur die hellsten, immer sichtbaren Strahlen gezeichnet. Ein gewöhnliches Licht mufs viele 100 Fufs von mir entfernt seyn, wenn ich nur diese und nicht auch noch andere minder intensive Strahlen sehen will. Die stärkste Lichtintensität gewahre ich an den mit *a* bezeichneten Stellen, ein rundes Bild des Lichtpunktes nur in meinem rechten Auge. Man sieht, eine solche Regelmäfsigkeit der Figur, wie sie A. v. Humboldt für seine (beiden?) Augen angiebt, stellt sich in den meinigen nicht dar, und ebenso wenig in denen vieler mir bekannten Personen. Die von Hassenfratz geäufserte Meinung, dafs ziemlich allgemein zwei Strahlen in der Richtung der Augenlider und ein darauf senkrechter gesehen werden etc., dürfte der Wahrheit wenigstens nahe kommen.«

Prof. Fechner giebt in Pogg. Ann. Bd. 50, S. 200 an: »Mein linkes Auge zeigt, wenn ich den leuchtenden fernen Gegenstand fixire, aufser der allgemeinen Strahlenausbreitung noch drei längere Strahlenbüschel, die sich so wie Fig. 5* ordnen. Der Strahlenbüschel *c* stellt sich unter Umständen als ein Doppelbild der Lichtflamme dar, auch sehe ich wohl noch mehrere Vervielfältigungen. In meinem rechten Auge ist aufser einem ganz schwachen verlängerten Strahl, der in der Figur durch eine punktirte Linie angedeutet ist, kein besonders vorstechender Strahl sichtbar. Betrachte ich das Licht mit beiden Augen zugleich, so erscheint dieser Strahl zugleich mit jenen Strahlenbüscheln des anderen Auges.«

Einige andere Beobachter erhielten beim Beobachten eines kleinen leuchtenden Punktes (eines Lochs mit einer Stopfnadel in eine Tafel Pappe gestochen und dahinter ein helles Licht gestellt) in etwa 12 bis 15 Fufs Entfernung folgende Resultate:

Beobachter.	Rechtes Auge. R	Linkes Auge. L	Bemerkungen.
E. R.	Fig. 6 [1]).		Die obere Strahlen sehr deutlich. — Beide Augen gleich, nur im linken schwächer; noch eine Menge kleiner Strahlen.
C. B.	Fig. 7.		Oben undeutlich; — bei beiden noch schwächere Strahlen.
A. M.	Fig. 8.		Bei beiden noch kleine Strahlen.
Ag. M.	Fig. 9.		*a* sind helle Ringe, zuweilen mehrere in einander; aufserdem noch viele kleine Strahlen.
B. M.	Fig. 10.		
P. R.	Fig. 10*.		

Bemerkung. Es ist zu beachten, dafs man erst bei einiger Uebung in diesen Versuchen alle einzelnen Strahlen zu unterscheiden vermag, in obigen Resultaten (mit Ausnahme von B. M.) also nur die am meisten vortretenden Strahlen angegeben sind. Das Bild des Strahlenkranzes im linken Auge ist durchgängig undeutlicher und mehr länglich, während das im rechten rund ist.

5. Da meine Augen kurzsichtig sind, so mufs ich hier die mit und ohne Brille gemachten Beobachtungen unterscheiden:

Mit Brille sah ich unter den oben angeführten Bedingungen mit dem rechten Auge Fig. 11 *R* [2]), mit dem lin-

1) Die Zeichnungen sind so dargestellt, dafs die Längenrichtung auf dem Papiere der verticalen Richtung in der Natur entspricht. — Die schwarzen Linien bezeichnen die hellen Strahlen.

2) Mein rechtes Auge sicht viel deutlicher als das linke, der Eindruck ist bestimmt, während der im linken weit weniger deutlich zum Bewufstseyn kommt. Sehe ich mit beiden Augen zugleich, so behält das rechte die Oberhand, von dem linken kommen nur die vorzüglichsten Strahlen zur Wahrnehmung. Dasselbe gilt für alle übrigen Beobachter.

ken Fig. 11 *L*; *l* ist ziemlich lang; *g* und *h* sind schwach. Da die mit dem linken Auge angestellten Beobachtungen bei mir weit weniger sicher sind, so habe ich bei den folgenden Beobachtungen fast nur das rechte Auge benutzt. So lange das Licht nicht sehr intensiv ist, sehe ich nur die in Fig. 11 angegebenen Strahlen und Verzweigungen; nur zwischen den oberen Strahlen ist noch etwas Licht, zwischen den unteren und zur Seite sind die Zwischenräume dunkel; sobald das Licht jedoch intensiver wird, werden die Strahlen etwas kürzer (wahrscheinlich in Folge der Verkleinerung der Pupille) und breiter, und die oberen Auszackungen, namentlich bei *b*, *e*, *d*, *c* werden breiter und länger, so dafs sie sich zum Theil berühren und einen Kranz bilden; auch die Räume zwischen den Strahlen sind nicht mehr dunkel, sondern mit schwachem Lichte erfüllt; das intensivste Licht zeigen *a* und *f*; *b* und *c* sind weit schwächer. Bei schwachem Lichte oder allgemeiner Helligkeit der Umgebung verschwinden auch wohl die Strahlen *b* und *c* ganz.

Die Gabelung der äufsersten Enden, wie sie in Fig. 11 und 9, 7 Taf. III angegeben ist, sehen fast *alle* Personen, die ich bis jetzt darauf aufmerksam gemacht habe. Namentlich deutlich ist die Spaltung des in Fig. 11 mit *a* bezeichneten Strahles wahrzunehmen.

Bei kleiner intensiver Lichtquelle und möglichst dunkler Umgebung (namentlich wenn das Auge vorher einige Zeit im Dunkeln war) werden einzelne Gabelungen ziemlich lang, so dafs sie bedeutend über den inneren Kranz heraustreten, weil die Oeffnung der Pupille grofs ist; namentlich tritt diefs bei dem Strahl *a* nicht selten ein. In der Dämmerung sieht man die Gabelung nicht, sondern nur lange, breite Lichtbüschel, weil die Pupille durch die allgemeine Helligkeit ziemlich verengt ist.

Beim Nähern sehen sämmtliche Beobachter diese Strahlen *kürzer* und *breiter* werden. Dabei werden auch die Gabelungen etwas kürzer, rücken aber gleichzeitig mit gegen die Lichtquelle hin, und selbst in ziemlicher Nähe

ist der Punkt, bei welchem die Gabelung beginnt, noch deutlich wahrnehmbar. Die Zacken rücken sich dabei näher und schliefsen den Kranz vollständig; dieser kommt in dem Grade, als die Strahlen an Länge abnehmen, der Lichtquelle näher und näher, bis er mit derselben oder der durch die eng zusammenfallenden Strahlen bedingten Vergröfserung sich vereinigt. — Die Strahlen behalten beim Nähern ihre gegenseitige Lage. Ein Heller- oder Schwächerwerden einzelner Strahlen oder einzelner Theile eines Strahles o. a. konnte ich durch die Brille und Andere mit guten Augen *nicht* wahrnehmen; für kurzsichtige Augen tritt bei kleinen Lichtquellen kurz vor dem Verschwinden der Strahlen eine derartige Aenderung ein, wie in der Folge näher angegeben werden wird.

Die Zeit hat, soweit die Beobachtungen reichen, auf die Lage der Strahlen *keinen* Einflufs.

Dafs die Strahlen um so breiter werden, je gröfser die Lichtquelle ist, also auch je näher man kommt, ist leicht erklärlich, da eine grofse Lichtquelle aus einer grofsen Anzahl kleiner leuchtender Punkte besteht, deren Strahlen um drei Theile parallel neben einander fallen. Man sieht dieses Parallellaufen der Strahlen sehr deutlich, wenn man zwei kleine leuchtende Oeffnungen neben einander betrachtet; noch deutlicher wird es, wenn man vor die eine Oeffnung ein rothes, vor die andere ein grünes Glas hält, weil man dadurch die neben einander liegenden Strahlen besser unterscheiden kann.

Kommt man der Lichtquelle näher, so kann man zuletzt die immer kürzer und breiter werdenden Strahlen nicht mehr von einander unterscheiden, sie bilden einen mehr gleichförmigen Lichtring um die Lichtquelle, der sich als eine Vergröfserung der Oeffnung darstellt; nur bei aufmerksamer Betrachtung und wenn man die Strahlenrichtungen bereits kennt, kann man zuweilen eine diesen entsprechende Anordnung noch erkennen. Es mufs dieser Fall eintreten, sobald die Lichtquelle ziemlich so breit wird, als der äufsere Abstand der Strahlen beträgt, wobei noch der

durch die Zacken gebildete Kranz zu berücksichtigen ist. Hiermit steht im Zusammenhange, dafs in derselben Entfernung, in der ein kleiner Punkt noch Strahlen deutlich wahrnehmen läfst, eine grofse Lichtquelle keine mehr zeigen kann, ganz abgesehen davon, dafs bei gleicher Entfernung ein kleiner Punkt einen gröfseren Strahlenkranz verursacht als ein grofser (s. meine Abhandl. in Pogg. Ann. Bd. 89). Diefs läfst sich sehr deutlich an kleinen leuchtenden Punkten wahrnehmen, wie man sie durch Reflexion oder auch durch eine sehr kleine mit einer schwachen Nähnadel in Pappe gestochene Oeffnung leicht erzeugen kann; man sieht hier in 2 Fufs Entfernung noch sehr deutlich alle einzelnen Strahlen klein, dünn und intensiv, während ein gröfserer Punkt nur von einem gleichförmigen Lichtringe umschlossen scheint. Das Gabeln und der dadurch gebildete Kranz war bei dem reflectirten Lichte wegen der umgebenden Helligkeit nicht mehr zu unterscheiden; bei der kleinen Oeffnung in Pappe zeigte sich derselbe jedoch bis zuletzt deutlich. Bei etwa 18″ Entfernung erschien auch der kleine Punkt ohne Strahlen.

In ungefähr 6 Fufs Entfernung von der mit einer Stopfnadel in Pappe angebrachten Oeffnung geht der Kreis für mein rechtes Auge in eine längliche Scheibe über, deren Hauptaxe etwas geneigt liegt, Fig. 12 Taf. III, also *nicht* mit den Strahlen *f* zusammenfällt; für das linke Auge liegt derselbe ziemlich vertical und also mit der Strahlenfigur in Uebereinstimmung. Bei weiterem Nähern wird das Oval immer kleiner und länglicher, bis zuletzt nur noch ein kleines längliches Oval und die beiden oberen Strahlen *F* sichtbar sind, welche dann ebenfalls verschwinden, Fig. 13 Taf. III. Ein noch weiteres Nähern ist bei dieser Gröfse der Oeffnung und Lichtintensität für die Augen zu anstrengend und daher unsicher, und wurde deshalb hierzu eine ganz kleine, mit einer feinen Nähnadel in Pappe gestochene Oeffnung benutzt, welche vor die Glocke der Studirlampe gebracht wurde. In gröfserer Entfernung kann man die Oeffnung kaum wahrnehmen, in ziemlicher Nähe

sieht man, wie oben bereits erwähnt, sehr deutlich die kleinen Strahlen. Beim allmählichen Nähern verschwinden zuerst die mehr horizontalen Strahlen, man sieht nur noch die oberen; gleichzeitig wird das Bild der Oeffnung länglich, jedoch in einer mit der Richtung der Strahlen nicht mehr ganz zusammenfallenden Richtung, bis man Fig. 14 erhält. Bei noch weiterem geringen Vorgehen verschwinden auch die oberen kleinen Strahlen und sodann die längliche Gestalt, und der leuchtende Punkt wird deutlich sichtbar. Bei noch weiterem Nähern nimmt die Oeffnung eine auf die erste rechtwinklige Längenerstreckung an, und bald kann man einen Stern unterscheiden wie er in Fig. 15 und vergröfsert in Fig. 16 dargestellt ist. Die Mitte desselben ist anfangs dunkel. Je näher das Auge kommt; um so mehr nähert sich die leuchtende Oeffnung dem Kreise; die Zacken werden länger, die Bogen treten gleichsam in die Figur ein und bilden ein Polygon, bis sich bei ziemlicher Nähe Fig. 17 herausstellt. Die Mitte bleibt dabei nicht dunkel, sondern ist wie die ganze Fläche mit kleinen lichten Punkten besäet. Ganz nahe erhält man einen vollständigen Kreis, in welchem die Zacken sich an den Rändern als breitere, intensivere Stellen abzeichnen; bei einiger Aufmerksamkeit läfst sich der innere Stern jedoch noch wahrnehmen. Innerhalb des vorderen Brennpunkts wird der mittlere Theil sehr schwach, die ganze Fläche ist mit hellen und dunkeln Punkten bedeckt, und die von dem Rande herein noch sichtbaren hellen Linien (vorausgesetzt, dafs die Oeffnung sehr klein war) bekommen in ihrer Mitte einen dunkleren Strich.

Mit dem linken Auge sind die Erscheinungen nur in sofern geändert, als hier die Längenerstreckung des ersten Ovals mit der verticalen Richtung des Strahlengebildes zusammenfällt, Fig. 18, so dafs es beim Nähern scheint, als ob die Strahlen in die Verlängerung übergingen, oder umgekehrt, sich beim Entfernen aus derselben entwickeln, was jedoch, wie das andere Auge zeigt, keineswegs der Fall ist. Auch bekomme ich hier den Punkt nie rein zu sehen, beim

weiteren Nähern tritt vielmehr, neben der Abnahme in verticaler Richtung, eine Erweiterung in horizontaler ein, wie Fig. 18 zeigt; geht man noch wenig vor (vielleicht $\frac{1}{2}$ Zoll), so verschwindet die verticale Erstreckung und man erhält ein längliches Oval, in welchem sich ein dem obigen ähnlicher Stern entwickelt, dessen Lage fast genau horizontal ist.

B. M. (gutes Auge) sieht einen kleinen leuchtenden Punkt (kleine Oeffnung in Pappe vor der Glocke der Studirlampe) mit dem linken Auge in etwa 18″ Entfernung in horizontaler Richtung verlängert, Fig. 19; beim Nähern wird er dann deutlich und bei etwa 6 Zoll nimmt er eine Längenerstreckung in verticaler Richtung an, Fig. 20, in welchem länglichen Oval sich dann ein dem obigen ähnlicher Stern entwickelt. Mit dem rechten Auge ist die Lage abweichend, in etwa 18 Zoll Entfernung wie in Fig. 21, in 6 Zoll Entfernung wie Fig. 22.

Beim Sehen mit beiden Augen zugleich behält im Allgemeinen das rechte die Oberhand, von dem linken werden nur die helleren Stellen wahrgenommen; da die Strahlen beider Augen nicht alle auf einander fallen (wenigstens in meinen Augen), so sieht man jetzt mehr Strahlen, namentlich wird der lange Strahl *l* des linken Auges deutlich und ragt ziemlich über den allgemeinen Kranz vor; die sich für beide Augen darstellende Figur ist in Fig. 23 dargestellt, *a* und *b* gehören dem rechten, *l* dem linken Auge an.

6. Betrachte ich *ohne Brille* die eben näher bezeichnete gröfsere Oeffnung in 12 bis 13 Fufs Entfernung, so stellt sich dieselbe als eine grofse von dunklen Stellen unterbrochene Scheibe dar, ähnlich einem lichten Gewebe; nach der Mitte werden die Maschen des Gewebes enger. Diese Scheibe ist umschlossen von einem hellen, nach aufsen blauen, nach innen rothen Rande, auf dessen Entstehung wir in einem folgenden Aufsatze näher eingehen werden. Die Strahlen sind sehr breit und undeutlich und nur noch an dem Engerstehen der Maschen und etwas gröfserer Intensität einzelner Theile zu erkennen; an mehreren Stellen

kann man auch im Kranze durch gröfsere Helligkeit die Gabelung unterscheiden. Nähert man sich dem leuchtenden Punkte, so nimmt der Durchmesser der hellen Scheibe ab und gleichzeitig wird das Gewebe enger; bei 3 Fufs sind die Strahlen schon einzeln zu unterscheiden, jedoch noch immer sehr verbreitert, genau treten sie erst bei etwa 12 Zoll Entfernung hervor; die Figur verliert zugleich ihr rundes Ansehen und wird mehr polygonal, s. Fig. 25; wenig näher sieht man die Oeffnung deutlich. Noch näher sieht man die Oeffnung wieder polygonal Fig. 26, und später rund. — Ein durch Reflexion erhaltener Punkt zeigt in etwa 3 Fufs Entfernung Fig. 27; die Strahlen sind sehr verbreitet und werden *nach aufsen breiter,* an den Rändern *r, s* sind sie heller als in der Mitte, und oben bei *t* zeigt sich wieder eine hellere Stelle, wo die Gabelung beginnt. Beim Nähern rücken die lichten Ränder *r, s* sich immer näher, bis sie etwas vor der deutlichen Sehweite zusammenfallen und so den hellen Strahl bilden. Hiermit in Uebereinstimmung zeigt eine kleine Lampe in 15 bis 16 Fufs Entfernung dem kurzsichtigen Auge bei genauerem Betrachten eines Strahles (*a*) denselben wie in Fig. 28 dargestellt; die Ränder sind hell, die Mitte weniger; beim Nähern rücken diese Ränder zusammen. Auch scheint bei ersterem Versuche die Intensität der Strahlen und einzelner Strahlentheile beim Nähern nicht dieselbe zu bleiben; so ist z. B. anfangs *e* deutlicher und zwar vorzugsweise innen (was auch für die Mehrzahl der übrigen Strahlen gilt), während der äufsere Theil nicht leicht zu unterscheiden ist; dagegen ist von *a* die äufsere Zacke entschieden entwickelt, während der innere Strahl kaum kenntlich ist; beim Nähern wird von *e* u. d. a. der äufsere Theil deutlicher.

Eine ganz kleine Oeffnung vor die Glocke der Studirlampe gehalten, zeigt in etwa 19 Zoll Entfernung die Strahlen ganz deutlich, *ebenso wie durch die Brille,* auch die Gabelungen und den äufseren Rand. Das linke Auge sieht *g* Fig. 11 *L* nur *sehr* schwach. Beim Nähern wiederholen

sich die oben bei dem Beobachten durch die Brille angegebenen Erscheinungen.

Richtet man das Auge auf einen etwas zur Seite gelegenen Punkt, vielleicht auf die Gabelung eines Strahles, so wird dieser Strahl länger, der entgegengesetzte kürzer [1]). Innerhalb der deutlichen Sehweite bringt ein Verschieben des Auges oder der kleinen Oeffnung in Bezug auf den innerhalb der Oeffnung auftretenden Stern fast keine Aenderung hervor.

7. Im Strahlenkranze der Fixsterne kann ich nur bei den Sternen erster Gröfse durch die Brille noch deutlich Strahlen oben und unten wahrnehmen, immer sind die oberen mehr ausgebildet. Ohne Brille sehe ich nur den äufseren Kranz der Scheibe und den Mittelpunkt sich deutlicher abzeichnen; auch hier ist der obere Theil intensiver. Venus und Jupiter zeigen sämmtliche Strahlen deutlich.

8. Es werden bei diesen Versuchen mehrfach Farbenerscheinungen wahrgenommen, die nähere Beschreibung und Erklärung derselben wird in einem späteren Aufsatze folgen.

Hassenfratz sucht die Ursache der Strahlen in den unregelmäfsigen Formen der Krystallinse und Cornea (*Ann. de chimie T.* 72, 1809) und auch Dr. Fliedner scheint dieser Annahme beizustimmen (Pogg. Ann. Bd. 85, S. 324). Die Erklärung von Hassenfratz ist im Auszuge folgende:

»Rechnung und Erfahrung lehrt, dafs, wenn die Trennungsoberflächen der brechenden Mittel Kugelabschnitte sind, das Bild eines leuchtenden Punktes ein Kreis ist; wenn aber die gekrümmte gegen das weniger brechende Mittel convexe Oberfläche mit zwei verschiedenen Halbmessern beschrieben ist, so wird das Bild von zwei Ellipsen gebildet, welche sich unter einem von der Stellung

1) Dieser Versuch ist von mir durch die Brille und ohne Brille in der Nähe an kleinen Punkten, und auch von Personen mit guten Augen angestellt. Ich sah diese Verlängerung namentlich bei *a* deutlich, andere Beobachter gaben sie für alle Strahlen an.

der beiden Radien abhängigen Winkel schneiden Fig. 29. Es genügt also, dafs die Oberfläche der Cornea oder der Krystallinse keine Kugelabschnitte seyen, um zu erklären, weshalb das im Grunde des Auges entstehende Bild sich um so mehr einem Kreuze nähert, je mehr der leuchtende Körper entfernt ist und je mehr die zwei Radien, welche ihre Oberfläche erzeugten, verschieden sind.«

»Diese zwei elliptischen Bilder Fig. 29 bemerkt man stets, sobald man den Lichtstrahl durch eine elliptische Linse fallen läfst; dasselbe Bild entsteht auch, wenn die Lichtstrahlen durch unregelmäfsige Oberflächen, z. B. Medicinflaschen, volle Wasserflaschen etc. gehen.«

Hierauf weist Hassenfratz durch Untersuchung vieler Krystallinsen die elliptische Gestalt der Krystallinse nach, und zeigt, dafs fast immer der verticale Durchmesser gröfser ist als der horizontale; die Differenz beträgt $17\frac{1}{2}^{mm}$.

»In verschiedenen Richtungen gemessen scheinen die Durchmesser nicht mit denen übereinzustimmen, die eine Ellipse haben mufs, doch sind die Differenzen zu unbedeutend, um sie mit dem Zirkel bestimmen zu können.«

»Da die Krümmung der vorderen und hinteren Linsensegmente kein Kreis ist, so folgt, dafs ihre Oberflächen der Kugel *nicht* angehören; hieraus aber, dafs die durchgehenden Lichtstrahlen so viel verschiedene Brennpunkte bilden müssen, als es Krümmungskreise giebt, welche die Oberfläche gebildet haben; dafs also die Krystallinse allein durch die Unregelmäfsigkeit ihrer Oberflächen zum Theil oder völlig die Strahlen erzeugen kann, welche man an sehr entfernten Lichtquellen gewahrt. Die Oberfläche der Hornhaut, welche ebenfalls kein Kugelsegment zu seyn scheint, mufs auch neue Brennpunkte und somit neue Strahlen bilden. Somit scheint alles dahin zu deuten, dafs die Erzeugung der Strahlen, welche man an sehr entfernten oder unter kleinem Winkel gesehenen Lichtquellen bemerkt, der vereinigten Wirkung der Krystallinse und Cornea, d. i. der Natur ihrer gekrümmten Oberflächen, zuzuschreiben sey . . . . «

Gegen diese Erklärung lassen sich folgende Bedenken erheben:

1) Die Strahlen sind in der That nicht so wie in Figur 1 bis 3 angegeben und wie sie sich bei dieser Entstehungsweise wohl bilden müssen; es lassen sich schwerlich die scharfen Brennlinien auf diese Weise erklären; auch dürfte es nicht leicht seyn, die Ursache der Gabelung etc. nachzuweisen.

2) Sey f (Fig. 30) der Vereinigungspunkt der von einem in einer gewissen Entfernung befindlichen, leuchtenden Punkte ausgehenden Strahlen für den horizontalen Durchschnitt AB; F der Vereinigungspunkt der Strahlen des verticalen Durchschnitts CD. Die Brennpunkte der anderen Schnitte wie EG liegen zwischen f und F. Sind die Brennpunkte von A, B und C nicht die beiden Endpunkte der Brennstrecke, so ändert diefs nur die Bezeichnung von AB als horizontalen und C als verticalen Durchschnitt, die Erscheinung selbst bleibt dieselbe. — Auf einer durch f gelegten Ebene erzeugt dann der Querschnitt AB einen Punkt, DE eine Linie, EG eine kleine Linie etc., das Bild des leuchtenden Punktes wird also die in Fig. 31 dargestellte, einer Lemniscate ähnliche Gestalt besitzen. Ebenso wird auf einer durch F gelegten Ebene der leuchtende Punkt ein ähnliches, um 90^{0} gedrehtes Bild geben, Fig. 33. Auf Ebenen zwischen F und f, wie F_1 wird das Bild wie Fig. 32 ausfallen, je nachdem sich die Ebene mehr dem einen oder anderen Endpunkte nähert. Der verticale Theil ist stets Zerstreuungsfigur der Nähe, der horizontale Zerstreuung der Ferne. Auf einer hinter der Brennstrecke gelegenen Ebene F_2 mufs eine ovale Figur, wie Fig. 34 entstehen, die sich immer mehr und mehr dem Kreise nähert, je weiter die Ebene von F absteht, da die Differenz der Halbmesser eine von der Entfernung der Brennpunkte F und f abhängige constante Gröfse ist. Da dieser Abstand nur unbedeutend ist, so mufs, da die Durchmesser proportional der Entfernung zunehmen, die Gestalt sehr bald dem Kreise sich nähern. Auf einer innerhalb

der Brennstrecke *Ff* gelegenen Ebene F_3 mufs eine ähnliche Zerstreungsfigur der Nähe entstehen, nur in einer um 90° gedrehten Lage. Ist die Lichtquelle nicht ein Punkt, sondern ausgedehnt, so giebt jeder einzelne Punkt ein derartiges Bild, und diese Bilder setzen sich zu einem gröfseren zusammen; ein kleiner Kreis mufs sich in *f* als längliches Oval, in *F* als liegendes Oval, in F_1 als eine aus zwei sich rechtwinklig durchschneidenden Ovalen zusammengesetzte Figur, in F_2 und F_3 als gröfsere Ovale darstellen.

Berücksichtigen wir noch die mit der Entfernung eintretende sphärische Abweichung, so wird diese in *f* eine Vergröfserung des horizontalen Durchmessers bedingen; ob der verticale vergröfsert oder verkleinert wird, hängt von der Gröfse der Längenabweichung der sphärischen Abweichung ab; in *F* werden beide Durchmesser um ziemlich gleichviel vergröfsert; — in F_1 der horizontale; der verticale dürfte eher eine Verminderung erleiden. Dem entsprechend werden auch die anderen Linien etwas verändert. In F_2 und F_3 bedingt die sphärische Abweichung nur eine mehr oder weniger aequidistante Curve.

Soll die von Hassenfratz gegebene Erklärung richtig seyn, so mufs die Netzhaut sich fortwährend in einer zwischen *F* und *f* gelegenen Stellung befinden, während sich das Auge näheren oder ferneren Gegenständen adoptirt. Je entfernter ein Gegenstand ist, um so mehr rücken die beiden Punkte *F* und *f* aber einander näher (ist der leuchtende Punkt in einem vorderen Brennpunkte des Auges, so müssen die Strahlen des einen Durchschnittes parallel gehen, während die des andern sich noch vereinigen, die Differenz ist daher am gröfsten), um so mehr mufs also der Einflufs der ellipsoïdischen Gestalt verschwinden, es müssen also die Strahlen ohne sphärische Abweichung mit der Entfernung kleiner werden, was nicht der Fall ist. Berücksichtigen wir aber die Zunahme der sphärischen Abweichung mit der Entfernung, wodurch namentlich der horizontale Durchmesser vergröfsert wird, so müfsten mit

der Entfernung die horizontalen Strahlen zunehmen, der verticale eher abnehmen (zumal als die Brennstrecke mit der Entfernung kleiner wird), was nicht der Fall ist.

Der sich innerhalb der Brennstrecke bildende Stern besteht zur Hälfte aus Zerstreuungslicht der Nähe, zur Hälfte aus solchem der Ferne; bei den Strahlen findet ein ähnliches Verhältnifs nicht statt, wie sich durch Hineinschieben eines Blattes Papier leicht nachweisen läfst, indem das Zerstreuungslicht der Nähe von der *entgegengesetzten* Seite hinein abgeschnitten wird, wie man auch durch einen Versuch innerhalb der deutlichen Sehweite leicht darthun kann. Diefs bleibt ein Einwurf, selbst wenn wir annehmen wollten, dafs sich während der Accommodation die Gestalt des Auges so ändere, dafs die Brennstrecke gröfser wird.

Kann das Auge sich der Entfernung nicht accommodiren, so wird beim allmählichen Entfernen die Netzhaut sehr bald die Lage F_2 annehmen, indem sich die Brennstrecke Ff vorwärts bewegt; es müfsten also die Strahlen verschwinden, was *nicht* der Fall ist, vielmehr entwickeln sie sich eben nach Ueberschreitung dieser Strecke erst vollständig, wie aus obigen Versuchen hervorgeht und auch im Folgenden näher gezeigt werden wird. Ebenso könnten *innerhalb* der deutlichen Sehweite keine Strahlen sichtbar seyn; wie bereits oben gezeigt, entwickeln sich daselbst aber Fig. 16 und 17.

3) Noch deutlicher zeigt sich, dafs die ellipsoïdische Gestalt der Linse die Ursache nicht ist, wenn wir den Einflufs dieser Gestalt in obigen Versuchen genau verfolgen, wie Dr. Fliedner zuerst gezeigt hat. — Gehen wir zunächst die Versuche bei kurzsichtigem Auge (mit und ohne Brille) durch, so zeigte sich nämlich, dafs ich mit dem linken Auge die drei Stellungen F, F_1 und f deutlich wahrnehmen konnte (wenn auch in umgekehrter Reihenfolge, worauf wir sogleich zurückkommen werden), mit dem rechten nur F und f, weil beide Punkte wahrscheinlich enger zusammen liegen und daher beide Ovale nicht unterschieden werden, sondern sich als scharf begränzte Oeff-

nung darstellen [1]). Die Differenz in der Entfernung betrug etwa $\frac{1}{2}$ Zoll; es liegen also beide Punkte eng zusammen; da sie beim Entfernen noch enger zusammenrücken, so liegt schon in dieser Kleinheit ein Grund, weshalb die Strahlen hierdurch *nicht* verursacht werden können. Auch zeigt sich hier die bereits in (1) angedeutete Abweichung der Gestalt zwischen den Strahlen und diesen Ovalen deutlich. — Die Strahlen, welche ich bei einem kleinen Punkte in der Nähe auch ohne Brille sehr deutlich sah, entwickelten sich ferner erst nach Eintritt in den Punkt *F*, in welchem Falle, wie bereits oben gezeigt, keine Kreuzung der Ovale mehr stattfindet. — Dasselbe Resultat ergab sich auch bei guten Augen (*M.B.*), nur war die Differenz eine gröfsere (12 Zoll etwa), woraus sich schliefsen läfst, dafs auch hier während der Accommodation die Netzhaut sich in *F* befand und somit die Brennstrecke erst in der Nähe durchlaufen wird, wenn sich des Auge nicht mehr völlig zu accommodiren vermag; stände sie für gewöhnlich in der Mitte der Brennstrecke, so könnte nur die Hälfte durchlaufen werden; die andere Hälfte müfste in der zweiten Gränze des deutlichen Sehens durchlaufen werden, welche, wenn sie überhaupt für das gute Auge existirt, wenigstens sehr entfernt liegt; dafs bei 18″ nicht die zweite Gränze des deutlichen Sehens ist und von hier an also der Brennpunkt vor die Netzhaut fällt, ist bereits von Dr. Fliedner in einem Anhange (Pogg. Ann. Bd. 85, S. 460) gezeigt, geht aber auch aus den im vorigen Aufsatze beschriebenen Versuchen hervor. Da sonach die Netzhaut während des Sehens nach einem fernen Gegenstande in *F* steht, so kann auch hier ein solches Kreuz nicht entstehen.

1) Es scheint im Allgemeinen diese Differenz im linken Auge stärker, womit auch die Thatsache übereinstimmt, dafs (wie schon oben bemerkt) das linke Auge bei den meisten Beobachtern den Strahlenkranz noch länglich sieht, während er dem rechten bereits rund erscheint; ob diefs mit der gröfseren Uebung des rechten Auges zusammenhänge, durch welche dieses in den meisten Fällen die Oberhand behält, läfst sich erst entscheiden, wenn eine gröfsere Anzahl deshalb angestellter Versuche vorliegen.

Auch die Verschiedenheit der Lage zwischen verticalem Strahl und Längenerstreckung des Ovals, welche sich, wie oben beschrieben, für mein rechtes Auge deutlich herausstellt, während im linken beide Richtungen zusammenfallen, beweist, dafs die Strahlen und die elliptische Gestalt von einander unabhängig sind; das Länglichwerden des Strahlenkranzes, welches oben beschrieben ist, ist eine Folge der ellipsoïdischen Gestalt, aber nicht die Strahlen. Die Ursache, wefshalb sich für das kurzsichtige Auge der Strahlenkranz mit der Entfernung dem Kreise mehr und mehr nähert, ist in der constanten Differenz des immer gröfser werdenden verticalen und horizontalen Durchmessers zu suchen; dafs dem guten Auge beim Entfernen der Strahlenkranz sich mehr und mehr dem Kreise nähert, in der Verminderung der Brennstrecke mit der Entfernung und bei sphärischer Abweichung gleichzeitig in dem fürs kurzsichtige Auge angegebenen Grunde.

Es geht hieraus deutlich hervor, dafs die Ursache der Strahlen nicht in der *Form* der Krystalllinse zu suchen ist, dafs dieser Einflufs sich in der Form nur auf eine unbedeutende Aenderung der Gestalt des Strahlenkranzes und dann auf die Weite des deutlichen Sehens beschränkt; und es fragt sich, ob die in deutlicher Sehweite wahrgenommene Irradiation nicht z. Th. wenigstens hieher zu rechnen sey. Es ergiebt sich ferner, dafs die ellipsoïdische Gestalt für die Accommodation nur von geringem Einflusse ist und ihr demnach in dieser Beziehung eine so umfassende Wirkung, wie ihr Sturm beilegt, nicht beigemessen werden kann.

Da die mit meinen kurzsichtigen Augen angestellten Versuche in Bezug auf die Reihenfolge der Erscheinungen eine umgekehrte Ordnung angeben, als der obigen Betrachtung nach stattfinden müfste, und bei *B. M.* in dem einen Auge wirklich eintritt, so kann man schliefsen, dafs bei meinen Augen der horizontale Durchmesser gröfser ist, als der verticale. Bei Dr. Fliedner liegt der gröfsere Durchmesser geneigt. Die mit der Durchmesserscheibe angestell-

ten Versuche bestätigen dasselbe, indem ich den verticalen Durchmesser in gröſserer Entfernung, den horizontalen in etwas geringerer Entfernung deutlich sehe, während *B. M.* mit dem linken Auge und nach Dr. Fliedner die meisten Beobachter beim Hineingehen von auſsen zunächst den horizontalen deutlich sehen, Dr. Fliedner selbst aber einen geneigten. Bei *B. M.* trat in Uebereinstimmung mit den oben beschriebenen Erscheinungen bei der kleinen Oeffnung noch der Umstand ein, daſs er mit dem, wie bei den meisten Personen, besseren oder doch geübteren rechten Auge in etwa 18″ Entfernung einen geneigten, jedoch mehr verticalen Durchmesser deutlich sah, in etwa 6″ den darauf winkelrechten, während das linke Auge in gröſserer Entfernung (18″) den horizontalen, in der Nähe (6″) den verticalen dunkler wahrnahm. Der Nutzen der Durchmesserscheibe (schwarz auf weiſsem Grunde) bei diesen Versuchen ist bei der Leichtigkeit und Sicherheit ihrer Wirkung unverkennbar, da z. B. *B. M.* die Längenerstreckung der leuchtenden Punkte erst dann deutlich wahrnahm, als mit Hülfe der Durchmesserscheibe, bei welcher diese Verschiedenheit sogleich bemerkt wurde, die Entfernungen 18″ und 6″ bestimmt waren.

Es geben also die Versuche von Dr. Fliedner ein Mittel an die Hand, die Gestalt der Linse auch ohne Messung zu bestimmen, und dürfte es nicht unwichtig seyn, durch eine Reihe von Versuchen den Einfluſs der Kurzsichtigkeit auf die Gestalt der Linse nachzuweisen.

10. Joslin erklärt die von ihm beobachteten Strahlen folgendermaaſsen:

»Es überraschte mich die Coincidenz dieser Ausbreitung heller Gegenstände nach drei gleich abständigen Richtungen mit den drei gleich abständigen Faserbündeln und den drei ebenfalls gleich abständigen gestrahlten Linien, die man wie Th. Young in seinen *Observations on Vision* gezeigt hat, auf der Vorderfläche der Krystalllinse des Ochsen bemerkt.«

»Es schien mir, als hätte ich den Faden, der mich zur Ursache dieser Erscheinung führen müsse, gefunden in einer

Structur, die darauf berechnet schien, eine symmetrische Wirkung in Bezug auf drei gleich abständige Strahlen der Krystalllinse zu erzeugen, einer Structur, die in keinem anderen Theile des Gesichtsorgans etwas ähnliches zu haben schien.«

Dafs eine ähnliche Structur im menschlichen Auge stattfindet, oder wenigstens die Disposition zum Eintritt derselben sogleich mit dem Tode gegeben ist, geht aus folgenden Angaben von Ruete [1]) hervor:

»Betrachtet man eine menschliche Linse unter dem Mikroskop, so nimmt man hier, besonders wenn sie vorher mit Essigsäure behandelt war, auf beiden Flächen, der vorderen und hinteren, drei Spalten wahr. Diese drei Spalten gehen strahlenförmig vom Mittelpunkte aus und theilen eine jede Fläche in drei Segmente. Die Richtung dieser Strahlen auf der vorderen Fläche ist von der auf der hinteren verschieden; auf der ersteren geht ein Strahl gerade nach oben und zwei andere laufen schief nach unten, der eine nach rechts, der andere nach links; auf der hinteren findet das Gegentheil statt, denn der eine geht perpendiculär nach unten, zwei andere steigen schief nach oben, auch hier der eine nach rechts, der andere nach links. — Jedes der drei Segmente kann wieder in mehrere kleinere Segmente zerlegt werden. Die drei Hauptsegmente lassen einen dreitheiligen Raum zwischen sich, der wie die Zwischenräume der übrigen Segmente und der Faserschichten von Zellen ausgefüllt ist.« Diese Gränzen sollen im parallelen oder divergenten Lichte, wie man es durch eine mit der Spitze einer feinen Nähnadel in ein Kartenblatt gemachte kleine Oeffnung, die man unmittelbar vor das Auge hält, oder durch Reflex erzeugen kann, sichtbar werden, in Form einer drei-, vier-, fünftheiligen Figur (Listing): Was man benutzen kann, um die Bildung eines grauen Staares sogleich im Anfange wahrzunehmen (Ruete, S. 156).

Es fragt sich zunächst, auf welche Weise diese Spalten

1) Ophthalmologie von Ruete, 1846, S. 43.

wirken sollen. Da Joslin von einer allgemeinen sphärischen Abweichung nichts angiebt, vielmehr nur diese Strahlen in Betracht zieht, so müſsten diese Spalten der Längenrichtung nach Licht ablenken; wir müſsten annehmen, daſs das Licht in diesen Radien stärker gebrochen werde (was allerdings fraglich ist), so daſs, während das andere Licht im Auge parallel geht, diese Radien einen concentrirteren Stern bilden; beim Entfernen der Lichtquelle müſste dann der Vereinigungspunkt dieser Strahlen auf die Netzhaut fallen und bei noch gröſserer Entfernung würde er, wenn die Netzhaut sich dem anderen Lichte accommodirt, vor dieselbe zu liegen kommen und derartige Strahlen verursachen, wie wir sie in der That wahrnehmen.

Einwenden läſst sich dagegen:

1) Diese beiden Brennpunkte können nie zusammenfallen, wenn sich auch ihr Abstand mit der Entfernung des leuchtenden Punktes vom Auge vermindert; befindet sich in der deutlichen Sehweite die Netzhaut im Brennpunkte der übrigen Lichtstrahlen, so müſsten die Radien bereits Strahlen im Bilde verursachen; befindet sie sich im Brennpunkte der durch die radialen Spalten gehenden Lichtstrahlen, so müſste das übrige Licht einen Zerstreuungskreis der Nähe geben. Will man aber annehmen, daſs schon hier die Brennpunkte so nah zusammenliegen, daſs man diese Verschiedenheit nicht mehr wahrzunehmen vermöge, so fällt die ganze Erklärung weg, da dann auch in gröſserer Entfernung keine Strahlen entstehen können. — Befindet sich die Netzhaut in der deutlichen Sehweite im Brennpunkte der anderen Strahlen, wie es der Lichtintensität halber zu vermuthen wäre, — weshalb werden dann auch bei den der Accommodation fähigen Augen die Strahlen um so länger, je gröſser die Entfernung wird, da doch der Abstand der Brennpunkte sich nicht vergröſsert, sondern verkleinert? Es müſste sich also der Brechungszustand oder die Gestalt der Linse während der Accommodation verändern, was mit der gewöhnlichen Annahme nicht übereinstimmt, wonach die Accommodation in einer Verlängerung des Abstandes

der Krystalllinse und der Netzhaut besteht (s. **Listing** in **Wagner's** phys. Wörterbuch). Ein Zusammenhang mit der sphärischen Abweichung wäre auch nicht leicht nachzuweisen, wie er doch augenfällig zwischen den Strahlen und der sphärischen Abweichung besteht.

2) Es wird durch obige Hypothese nicht erklärt, weſshalb bei kurzsichtigem Auge eine so bedeutende Verbreiterung der Strahlen eintritt, daſs man sie kaum noch als Strahlen erkennen kann; weſshalb die Ränder dieser Strahlen heller als die Mitte sind; weſshalb diese Ränder mit dem Nähern der Lichtquelle zusammenrücken und sich zuletzt als helle Linie darstellen u. s. w.

3) Es läſst sich, ähnlich wie es **Listing**[1]) bei parallelem oder divergentem Lichte im Auge gezeigt hat, auch bei dem durch entfernte Lichtquellen verursachten convergenten Lichte nachweisen, ob die Ursache einer, durch das Auge Fig. 35 selbst hervorgebrachten Erscheinung vor oder hinter der Pupille, oder in der Nähe derselben zu suchen sey, da bei entfernter Lichtquelle ebenso wie bei naher das Lichtbild vermöge der sphärischen Abweichung durch die Pupille begränzt wird. Sey J, Fig. 35, die Iris, R die Retina und A ein leuchtender Punkt. Befindet sich der die helleren Strahlen im Strahlenkranze erzeugende Gegenstand vor der Pupille, so muſs, wenn man das Licht nach B bringt, der jetzt auf den Endpunkt der optischen Axe fallende Strahl eb, welcher von oq erzeugt wird, d. i. der Strahl, auf welchen das Auge sich richtet, an Länge *abnehmen*; liegt aber die Ursache hinter der Iris, so muſs umgekehrt der Strahl länger werden. Nun ist letzteres mit allen Strahlen der Fall, folglich ist es wahrscheinlich, daſs die Ursache *hinter* der Iris liegt. Ich sehe entschieden den Strahl a länger werden; dieser müſste aber, wenn Spalten die Ursache sind, eben der vorderen Linsenfläche angehören. Die vorderen Theile der Linse können es also nicht gut seyn, und somit könnten nur 3 Strahlen auftreten. Allerdings ist in der Ferne auch die Einwirkung der sphä-

1) Beitrag zur phys. Optik.

rischen Abweichung zu beachten, durch welche *be* länger als *bf* wird; doch könnte dadurch immer nur eine allgemeine Vergröſserung und nicht eine besondere Verlängerung der Zacken eintreten, wie es der Fall ist.

4) Die Richtung der Strahlen stimmt nicht genau mit der Lage der Spalten auf der vorderen und hinteren Linsenfläche überein; von den Strahlen ist der eine fast immer horizontal. Berücksichtigt man jedoch, daſs das Auge etwas von der horizontalen Lage abweicht, so kann diese Verschiedenheit nicht als entscheidend angesehen werden; *a*, Fig. 11, müſste dem einen Spalt der vorderen Fläche entsprechen.

11. Die nun zunächst liegende Erklärung ist: daſs diese Spalten vermöge ihres Querschnitts innerhalb der sphärischen Abweichung [1]) rechtwinklich auf ihre Längenerstrekkung Licht ablenken und in einzelne helle Streifen concentriren, oder daſs diese Spalten, indem sie das Licht anders brechen und ablenken, wie feine dunkle Linien zu hellen Beugungslinien Anlaſs geben. Letztere Annahme besitzt mehr Wahrscheinlichkeit, da sich nicht leicht einsehen läſst, wie die Spalten rechtwinklich auf ihre Längenerstreckung Licht ablenken sollen; daſs aber ein das Licht ablenkender Streifen ebenso gut wie eine dunkle Linie zu Beugungserscheinungen Veranlassung geben kann, ist bereits von Fresnel gezeigt.

Von obigen Einwänden läſst sich nur noch 3) anführen, doch wird der dort angegebene Versuch dadurch erschwert und etwas unsicher, daſs eine Verlängerung der Strahlen schon durch die sphärische Abweichung eintritt, und man somit leicht Täuschungen unterworfen ist. Da dieser Versuch dennoch vielleicht der einzige hinlänglich entscheidende ist, in sofern er die Lage der Ursache gegen die Pupille bestimmt; so dürfte eine öftere Wiederholung desselben wohl zu wünschen seyn, zumal meine eigene Beob-

1) Die Ursache der sphärischen Abweichung und der Abnahme derselben mit der Nähe des leuchtenden Punktes ist wahrscheinlich *in der Form* der Linse zu suchen, wie in einem späteren Aufsatze gezeigt werden soll.

achtung einerseits durch die Brille, andererseits durch die Kleinheit der Strahlen erschwert ist.

Ein ähnlicher Versuch, der auch geeignet scheinen dürfte, zu entscheiden, ob die Ursache der Strahlen nur in der Nähe der hinteren Linsenfläche, oder zum Theil auch auf der vorderen zu suchen sey, besteht darin, dafs man eine kleine oder hinlänglich entfernte Lichtquelle von der Seite betrachtet, indem im letzteren Falle die Mittelpunkte der durch die dreitheiligen Spalten entstehenden Bilder nicht mehr zusammenfallen können, vielmehr ein gegenseitiges Verschieben der Strahlen eintreten mufs. Deshalb angestellte Versuche zeigten allerdings ein derartiges gegenseitiges Verschieben der Strahlen nicht, doch ist auch hier zu beachten, dafs eine grofse Abweichung von der Augenaxe nicht möglich ist, weil die Empfindlichkeit der Netzhaut in einiger Entfernung von der optischen Axe bedeutend abnimmt, und dadurch die Erlangung einer auffälligen Verschiebung erschwert wird. Will man die Ursache der Strahlen im Strahlenkranze nur in den drei Spalten der hinteren Linsenfläche und den weiteren Abtheilungen suchen, in die sich die drei Hauptsectoren zerlegen lassen, so fällt auch der Einwand 3) weg; nur ist das Vorhandenseyn der Unterabtheilungen im lebenden, gesunden Auge noch weniger erwiesen, als das der drei Spalten.

Dafs solche Spalten das Licht wirklich so abzulenken vermögen, wie die Entstehung der beobachteten Strahlen verlangt, *scheint* aus einigen Versuchen hervorzugehen, bei welchen die Linse eines Ochsenauges (einige Stunden nach dem Herausnehmen aus dem Auge) vor eine kleine leuchtende Oeffnung gehalten wurde; man sah in dem auf einer weifsen Fläche aufgefangenen Bilde den besagten Strahlen ganz ähnliche am Ende gegabelte Lichtlinien entstehen, welche sich mit der Entfernung des Schirms vom Brennpunkte vergröfserten und zuletzt durch eine dunkle Linie in der Mitte spalteten.

12. Eine Vergleichung der in Fig. 11 *R* dargestellten Strahlenfigur, auf welche sich auch die von den anderen

Beobachtern angegebenen Strahlen zurückführen lassen, mit dem mittleren Theile der Projection der Verzweigung der den Glaskörper durchdringenden Ader vor ihrem Eintritt in die hintere Linsenkapsel, Fig. 36, (Abbild. aus F. Arnoldi *tabulae anatomicae* bei neunfacher Vergröfserung) läfst eine ziemliche Uebereinstimmung wahrnehmen, namentlich der oberen Strahlen *f*, wenn man berücksichtigt, dafs die auf der Netzhaut entstehende Figur oben und unten verwechselt zeigt, man also in Wirklichkeit eine mit der Aderfigur gleiche Figur zu sehen glaubt. Es liegt daher auch die Annahme nicht fern, die Ursache der Strahlenfigur, die ein in gröfserer Entfernung befindlicher leuchtender Punkt zeigt, in diesen Arterien zu suchen, vorausgesetzt, dafs man zu der Annahme berechtigt sey, dafs alle oder einzelne dieser Arterien auch im Auge des Erwachsenen *nicht vollständig* absorbirt sind, was allerdings nur Physiologen vollständig entscheiden können.

Die Wirkung dieser Adern in der durch die sphärische Abweichung bedingten Vergröfserung besteht dann entweder darin, dafs sie bei etwas geringerem Brechungsvermögen das auf sie fallende Licht winkelrecht gegen ihre Längenerstreckung ablenken und den Durchkreuzungspunkt der Strahlen auf die Retina verlegen, oder dafs sie wie dunkle Linien innerhalb der durch die sphärische Abweichung bedingten Vergröfserung zu Beugungserscheinungen Anlafs geben.

Eine Vergleichung der Kleinheit der Adern, der Intensität der Lichtlinien u. s. w. macht die zweite Annahme wahrscheinlicher. Auch die unter gewissen Verhältnissen eintretende, oben näher beschriebene Spaltung der Strahlen durch eine in der Mitte auftretende dunkle Linie spricht für die Entstehung der Strahlen durch Beugung. Die verschiedene Intensität der mehr horizontalen oder verticalen Strahlen bei verschiedenen Beobachtern, so wie der gänzliche Mangel einzelner Strahlen bei anderen Beobachtern liefse sich dadurch erklären, dafs nicht alle Adern in gleicher Weise absorbirt sind. Die in meinem linken Auge

(Fig. 11, *L*) auftretende Verdoppelung des einen Strahls *m* und *l*, welche in ähnlicher Weise auch in den Figuren 7 und 8 auftritt, erklärt sich durch die Beugungserscheinungen ziemlich leicht. Die in Fig. 9 auftretenden Ringe hängen wahrscheinlich mit den Strahlen nicht zusammen; ihre Ursache ist vielmehr wahrscheinlich in der Bindehaut zu suchen, da diese Ringe grofse Aehnlichkeit mit den Ringen haben, die man um eine Lichtquelle wahrnimmt, wenn man dieselbe durch einen unmittelbar vor das Auge gehaltenen Wassertropfen betrachtet (s. Pogg. Ann. 1855, Heft 12).

14. Was die Ursache der innerhalb der deutlichen Sehweite sich darbietenden Erscheinungen ist, ob dieselben nicht wenigstens zum Theil auf gleiche Weise als die aufserhalb der deutlichen Sehweite eintretenden Strahlen verursacht werden, wobei dann die durch die sphärische Abweichung bedingten Aenderungen zu berücksichtigen sind (Pogg. Ann. 1855, Heft 12), mag für jetzt dahin gestellt bleiben.

Beim Vorhalten einer kleinen, in einem Schirme angebrachten Oeffnung unmittelbar vor das gegen den blauen oder bewölkten Himmel gerichtete Auge, wie es Listing in den Beiträgen zur physiologischen Optik angiebt, wurden dieselben Resultate, als beim Beobachten eines kleinen leuchtenden Punktes erhalten (s. oben). Befindet sich die Oeffnung unmittelbar innerhalb der deutlichen Sehweite, so zeigt sich zunächst der kleine Stern, Figur 15 und 16, mit einem dunklen, strahlenförmigen Punkte in der Mitte; beim Nähern wird die helle Scheibe polygonal und dann rund, und indem sie sich vergröfsert, rückt das aus hellen Linien gebildete Polygon mehr vom Rande ab. Die ganze Fläche ist zahlreich mit lichten Punkten bedeckt; am Rande ist ein schmaler, nach aufsen gelblich bis röthlich gefärbter Rand. In unmittelbarer Nähe des Auges (innerhalb des vorderen Brennpunktes) ist das innere Polygon kaum mehr zu erkennen, und die am Rande noch schwach wahrnehmbaren Strahlen zeigen sich jeder durch eine mittlere dunkle Linie getheilt [1]). — Bei etwa 3 Zoll Entfernung vom Auge

1) Um letztere Erscheinung wahrzunehmen, ist eine *sehr* kleine Oeffnung erforderlich.

sind die hellen Punkte in drei Richtungen mehr zusammenhängend; es entstehen drei helle Linien, eine nach unten, zwei schräg nach oben gerichtet, mit daneben hinlaufenden dunklen Linien. Diese hellen und dunklen Linien scheinen den Spalten der vorderen Linsenfläche zu entsprechen. Schon bei 2 Zoll Entfernung der leuchtenden Oeffnung vom Auge vermag man diese Linien nicht mehr von den Punkten, mit denen die ganze Fläche bedeckt ist, zu unterscheiden; dagegen bemerkt man noch deutlich aufser dem hellen Rand, der die ganze helle Scheibe umschliefst, das innere Polygon mit den von den Ecken ausgehenden Linien. — Noch näher kann man nur noch helle und dunkle Punkte unterscheiden.

Gröfsere, quer durch den mit lichten Punkten besäeten Kreis hindurchgehende Streifen konnte ich *nicht* wahrnehmen. Der von Listing a. a. O. durch parallactische Versuche geführte Beweis, dafs diese Streifen durch die vordere Fläche der Linse oder die vordere Linsenkapsel verursacht werden, bezieht sich nicht zugleich auf die oben beschriebenen Bogen u. s. w., und sind hierüber erst noch besondere Versuche anzustellen. Ebenso bedarf es noch einer besonderen Entscheidung, ob die von Listing angegebenen, von der Peripherie hereingehenden dunklen Linien mit den oben beschriebenen, bei unmittelbarer Nähe der Oeffnung vor dem Auge eintretenden, die schon kaum noch zu unterscheidenden hellen Strahlen spaltenden dunklen Linien identisch seyen.

15. Die erhaltenen Resultate sind:

1) Die beim Beobachten eines entfernten, kleinen leuchtenden Punktes auftretenden Strahlen sind wahrscheinlich Beugungslinien, verursacht durch die Spalten der Linse oder durch die Verzweigung der in die hintere Linsenkapsel eintretenden Adern, vorausgesetzt, dafs man annehmen könne, dafs sie bei verschiedenen Beobachtern mehr oder weniger vollständig absorbirt sind.

2) Die innerhalb der deutlichen Sehweite wahrnehmbaren Bogen u. s. w. sind ebenfalls durch Beugung bedingt.

Auf eine nähere Betrachtung dieser und anderer im

Auge eintretender Beugungserscheinungen werden wir in einer folgenden Abhandlung näher eingehen [1]).

(Entworfen in den Monaten März bis Mai 1853; durchgesehen im Nov. 1855.)

V. *Ueber die Wirkung eines Eisendrahtbündels auf den elektrischen Strom; von K. W. Knochenhauer.*

Das lebhafte Interesse, mit dem ich die von Hrn. Poggendorff (diese Ann. Bd. 94, S. 289) mitgetheilten Versuche gelesen habe, lenkte zunächst meine Aufmerksamkeit wieder auf die frühere Untersuchungen des Hrn. Dove im Gebiete der Inductionselektricität zurück, in denen mir die Angabe, dafs der elektrische Nebenstrom unter dem Einflufs eines Eisendrahtbündels stärkere physiologische Wirkungen äufsere, aber weniger Wärme entwickle, stets als unverträglich mit den bisherigen Erfahrungen erschienen war. — Den Apparat stellte ich mir nach dem Muster des Dove'schen her. Auf eine 13 Linien weite und $18\frac{1}{2}$ Zoll lange Glasröhre wurde in 78 Windungen ein $25\frac{1}{2}'$ langer etwas über eine halbe Linie starker Kupferdraht, *innere Spirale* (1), gewickelt und mit Schellackfirnifs gut überstrichen; die zweite darüber geschobene 21 Linien weite Glasröhre trug in 80 Windungen die 36' lange *äufsere Spirale* (1), die Enden beider Spiralen tauchten in mit Quecksilber gefüllte Glasröhren. Der ganze Apparat ruhte

1) In den *Comptes rendus T. XXXVI, p.* 144, 1853, erklärt Trouessart diese sternförmige Form kleiner Gegenstände durch die Projection eines opaken Netzes auf das erweiterte Bild des leuchtenden Punktes.

In den *Comptes rendus* v. 2. Mai 1853 leitet Hr. Vallée die Strahlengestalt der Sterne von den auf der Linsenfläche befindlichen dreitheiligen Spalten ab.

auf massiven Glasstäben. Für einen zweiten ähnlichen Apparat hatte die *innere Spirale* (2) in 85 Windungen auf einer nur 12 Linien weiten Glasröhre ebenfalls 25½' Länge, die *äufsere Spirale* (2) auf der 18 Linien weiten Glasröhre 31' Länge in 80 Windungen; diesen Apparat setzte ich indefs nicht weiter zusammen, da der erstere allein zu allen Untersuchungen genügte, doch gebrauchte ich beide Spiralen bisweilen einzeln, wo längere Drähte benutzt werden sollten. Zum Einschieben in die Glasröhre der inneren Spirale (1) dienten: eine massive Eisenstange von 11½ Linie Durchm. und 16 Zoll Länge; 16 lackirte eiserne Stäbe 15 Zoll lang und 1½ Linie stark; ein Bündel von 1320 eisernen Drähten (Drb. I) von 11½ Zoll Länge und ein zweites Bündel (Drb. II) aus 660 dergleichen eisernen Drähten bei 20 Zoll Länge. Diese Bündel waren so hergestellt, dafs aus feinen ausgeglühten Drähten durch Umbindung von je 5 erst eine Decke geflochten und stark überfirnifst ward, dann dafs diese Decke aufgerollt und durch Umwicklung mit Bindfaden zu einem runden Stabe gestaltet wurde.

Zur Wiederholung von Dove's Versuchen wurde die Batterie aus den Flaschenpaaren $(A)+(B)$ mittelst q' Kupferdraht (K) und durch eine Spirale geschlossen, und die Ladung J derselben nach dem eingeschaltenen Funkenmesser so bestimmt, dafs der mittelst Handhaben durch den Körper geleitete Nebenstrom der anderen Spirale dem Gefühle nach gleiche Wirkungen hervorbrachte, mochte die Glasröhre im Innern *leer* oder die vorher genannten Drahtbündel (Drb. I, Drb. II), die Eisenstange (Eis.) oder die 16 Stäbe (Eisenst.) in dieselben eingeschoben seyn. Es ergab sich

1) als die äufsere Spirale den Hauptstrom, die innere den Nebenstrom leitete,

$J=$	39	17	23	80	55
für	leer	Drb. I.	Drb. II.	Eis.	Eisenst.

2) als die innere Spirale im Hauptstrom, die äufsere im Nebenstrom war,

$J=$	43	19	25	über 80	57
für	leer	Drb. I.	Drb. II.	Eis.	Eisenst.;

wurde noch die Platinspirale *B* von 32 Zoll Länge und 0,061 Linien Durchm., deren Widerstand 3,4 Mal so grofs ist als der des im Luftthermometer befindlichen Platindrahts, in den Hauptstrom eingeschaltet, so war

$J=$	63	20
für	leer	Drb. I.

Diese Resultate stimmen ganz mit den von Dove angegebenen überein, indem die Drahtbündel den physiologischen Effect erhöhen, die Eisenstäbe und noch mehr die massive Eisenstange ihn schwächen.

Für die Beobachtung der im Nebenstrom entwickelten Wärme wurde die Batterie bei demselben Schliefsungsdraht wie vorher (Hauptdraht) auf $J=52{,}0$ geladen; der Hauptstrom ging durch die innere Spirale, den Nebenstrom leitete die äufsere; der schliefsende Draht derselben (Nebendraht) bestand aus dem Luftthermometer und 1' K. Die Beobachtungen waren:

	leer	Drb. I.
Hauptdraht unverändert; Nebendr. unverändert	10,0	9,0
Hauptdraht unverändert; Nebendraht um 14' K. verlängert	6,5	5,6
Hauptdraht unverändert; Nebendraht um Platinspirale *B* verlängert	5,5	5,0
Hauptdraht um innere Spir. (2) verlängert; Nebendraht unverändert	8,0	10,5
Hauptdraht um innere Spir. (2) verlängert; Nebendraht mit Platinspir. *B*	5,0	5,2
Hauptdraht um *P* [1]) verlängert; Nebendraht unverändert	5,0	7,2
Hauptdraht um Platinspir. *B* verlängert; Nebendraht unverändert	2,0	4,6.

Von diesen Versuchen kommen die ersten drei mit Dove's Angaben überein, indem nur diese in derselben

1) *P* bezeichnet einen Platindraht von derselben Länge und Stärke wie der im Luftthermometer enthaltene.

Verbindungsweise angestellt wurden; die andern zeigen, dafs mit vermehrtem Widerstand im Hauptdraht die Wärmewirkung des Nebenstroms durch ein eingeschobenes Drahtbündel gesteigert wird. Die Wärmeentwickelung wächst indefs weder in der Weise, dafs dadurch die vermehrte physiologische Wirkung erklärt würde, noch stimmen hierzu die drei ersten Beobachtungen. Es bleibt also eine befriedigende Erklärung der von Dove zuerst entdeckten Thatsache zu suchen.

Drittens verglich ich auch nach Dove's Vorgang die physiologische Wirkung eines zur Spirale gewundenen und eines gleich langen gerade gesteckten Drahtes, wenn von ihren Enden ein Zweigstrom durch den Körper geleitet wird. Ich fand hier die Wirkung der inneren Spirale und eines 24' langen geradlinigen Drahtes ziemlich gleich stark; dagegen waren die Wirkungen beider Spiralen, wenn sie nach einander verbunden den Strom der Batterie leiteten, sehr verschieden, je nachdem der Strom durch beide Spiralen in derselben oder in entgegengesetzter Richtung flofs; zu gleichen Wirkungen mufsten die Ladungen der Batterie etwa auf $J = 20$ und $= 50$ gebracht werden. Es mag also wohl Dove den spiralförmigen Draht enger gewunden und dadurch seine Beobachtungen erzielt haben; die näheren Angaben fehlen, so dafs sich darüber nicht urtheilen läfst; jedenfalls kann man aber von den Enden eines gleich langen Drahts, je nachdem man ihn auf die eine oder andere Weise formt, ungleiche physiologische Wirkungen im Zweigstrom erhalten.

Nach dieser vorläufigen Wiederholung und Bestätigung der Dove'schen Versuche schritt ich zu vollständigeren Beobachtungsreihen, um die hierher gehörigen Thatsachen genauer kennen zu lernen.

1. Der einfache Schliefsungsbogen.

a) Wärmeentwicklung. Die Batterie, deren Ladung auf $J = 52$ gebracht wurde, blieb sammt dem oben angegebenen Schliefsungsdraht unverändert, nur wurde noch

das Luftthermometer eingeschaltet. Der Strom wurde theils durch die innere, theils durch die äufsere, theils hinter einander durch beide gleichlaufend oder conträr verbundene Spiralen durchgeleitet; die Glasröhre war entweder leer oder enthielt die Stäbe und die Drahtbündel. Die Erwärmungen waren:

	leer.	Drb. I.	Drb. II.	Eis.	Eisenst.
innere Spirale:	22,0	2,1	3,5	11,5	7,0
äufsere Spirale:	21,2	2,1	3,2	10,5	7,0
beide Spir. gleichlaufend:	16,1 [1])	1,2	1,7	6,0	3,0
beide Spir. conträrlauf.:	19,0	15,7	16,2	18,0	18,0.

Nach diesen Beobachtungen hemmen die Drahtbündel den Batteriestrom in sehr hohem Grade, weniger die Eisenstangen; dasselbe thun aber auch beide Spiralen, wenn sie gleichlaufend verbunden sind. Bei der massiven Eisenstange und den stärkeren Eisenstäben erklärt sich diefs leicht durch die in ihnen erregten Nebenströme, bei den Drahtbündeln dagegen sicher nicht so einfach durch den erregten Magnetismus, da sonst die Wirkung der Spiralen auf einander unerklärt bliebe, und die massive Eisenstange durch den in ihr erregten Magnetismus einestheils, anderntheils durch die entstehenden Nebenströme zweifach hemmend einwirken müfste. Den Grund der Erscheinung dürfte wohl nur die veränderte Molecularstellung im Kupferdraht abgeben, die vielleicht durch den erregten Magnetismus, vielleicht durch die sonst veränderte Molecularstellung in den Drahtbündeln veranlafst wurde. Ob übrigens dem vermehrten Widerstand gemäfs die in den Spiralen entwickelte Wärme wächst, oder ob ein Theil der Kraft auf die Veränderung der Molecularstellung absorbirt wird, möchte schwer zu ermitteln seyn.

b) *Spannungsverhältnisse.* Die Batterie und ihr Schliefsungsdraht, den die innere Spirale in sich enthielt, blieb wie vorher, nur wurde das Luftthermometer entfernt; die

1) Als der Strom nur durch die äufsere Spirale ging und in den Schliefsungsbogen noch die innere Spir. (2) eingeschaltet war, betrug die Erwärmung bei leerer Glasröhre 18,0.

Ladung J betrug 40,0. Mit den Enden der Spirale wurden durch je 2′ K. die Kugeln des Funkenmessers verbunden und die Schlagweite in den beiden Fällen beobachtet, wenn die äufsere Spirale offen oder wenn sie durch 4′ K. geschlossen war. Es ergaben sich folgende Schlagweiten:

	leer.	Drb. I.	Drb. II.	Eis.	Eisenst.
äufsere Spir. offen:	28,7	28,7	29,2	23,7	27,2
» » geschlossen:	25,2	25,2	25,7	24,2	25,7.

Waren beide Spiralen gleichlaufend verbunden, so gab die leere Röhre 34,7, waren sie conträr verbunden 27,7. — Der in der äufseren Spirale entstehende Nebenstrom drückt, wie ich diefs schon früher kennen gelernt hatte, die Schlagweite des Hauptdrahts herunter; somit ist die Schlagweite bei eingeschobener Eisenstange kleiner und wird durch den neuen Nebenstrom, der die Nebenströme im Eisen verringert, selbst wieder etwas vergröfsert; die Wirkung der Eisenstäbe stellt sich so, dafs man deutlich sieht, wie sie einestheils die Wirkung der Drahtbündel, anderentheils die Wirkung der massiven Eisenstange ausüben, beides nur in geringerem Grade. — Da es mir nach den späteren Versuchen bedenklich ward, ob nicht die Drahtbündel die Schlagweite vergröfsern sollten, und ob hier nicht die Messungen nur wegen des zu sehr gehemmten Stroms ungenau ausgefallen wären, wie sich diefs auch in den nicht sicheren Ueberschlägen angedeutet hatte, so wiederholte ich die Beobachtungen später, indem ich noch 4′ K. in dem Leitungsdraht einschaltete und die Ladung der Batterie annähernd auf $J = 40$ brachte. Die äufsere Spirale blieb ungeschlossen. Die Schlagweite war bei leer und Drb. I wiederum gleich, nämlich 27,5. Ich fügte nun $F_1 + F_4$ zur Batterie hinzu, da die Vergröfserung derselben nach meinen früheren Versuchen bei Hindernissen im Leitungsdraht nothwendig ist (s. Beitr. §. 10), und erhielt die Schlagweite bei leer 27,2, bei Drb I 29,2 (doch auch jetzt noch unsicher); die Drahtbündel steigern also wirklich die Schlagweite.

2. Der verzweigte Schliefsungsbogen.

In den um 4′ K. verlängerten Schliefsungsdraht (s. 1. *a*) wurden zwei Zweige eingeschaltet; Zw. I enthielt die innere Spirale (1), in deren Glasröhre die Einschiebungen stattfanden, ½′ K. und ein Platindraht P, Zw. II die innere Spirale (2), ½′ K. und P. Die Beobachtungen erfolgten im Stamm und in beiden Zweigen, worin P durch das Luftthermometer ersetzt wurde.

Glasröhre in Zw. I.	Stamm.	Zw. I.	Zw. II.
leer	18,5	4,5	5,0
mit Drb. I	10,0	0,5 (etwa)	6,7
» Eis.	13,5	5,2	2,2.

Bei leerer Spirale ist die Stromtheilung durch die beiden gleich langen Zweige gleich, denn die kleine Differenz erklärt sich durch die nicht ganz gleiche Lage der einzelnen Windungen gegen einander; das Drahtbündel dagegen lenkt den Strom von seinem Zweige ab, und die massive Eisenstange zieht ihn darauf hin. Nach den Spannungsverhältnissen im einfachen Schliefsungsbogen war diefs Resultat zu erwarten, indem das Drahtbündel die aequivalente Länge der Spirale vergröfsert, die der Eisenstange verkleinert. — Die Erwärmungen im Stamm und in den Zweigen sind der Art, dafs die Quadratwurzel der im Stamm beobachteten Zahl gleich der Summe der Quadratwurzeln der Zahlen in den Zweigen ist; somit genügte die Beobachtung in einem Zweige allein. So entstanden folgende Reihen:

Glasröhre in Zw. I leer.

		Stamm.	Zw. II.
Zw. I: inn. Sp. (1) + 2′ K.	Zw. II: P + 2′ K.	17,8	14,5
» » » » + inn. Sp. (2);	» » »	17,0	15,4.

Glasröhre in Zw. I mit Drb. I.

		Stamm.	Zw. II.
Zw. I: inn. Sp. (1) + 2′ K.	Zw. II: P + 2′ K.	16,2	15,2
Zw. I: inn. Sp. (1) + 2′ K.	Zw. II: P + 2′ K. + Platinspir. *B*	7,7	6,7
Zw. I: inn. Sp. (1) + 2′ K.	Zw. II: P + 2′ K. + inn. Spir. (2)	10,0	6,5
Zw. I; inn. Sp. (1) + 2′ K.	Zw. II: P + inn. Sp. (2) + äufs. Sp. (2)	7,6	2,5.

Glasröhre in Zw. I. mit Eis.

		Stamm.	Zw. II.
Zw. I: inn. Sp. (1) + 2' K.	Zw. II: P + 2' K.	17,2	13,0
» » » » + inn. Sp. (2);	» » »	16,5	15,0.

Die Vertheilung durch beide Zweige erfolgt in allen Fällen so, wie es die für den elektrischen Strom geltenden Gesetze verlangen; man hat nur die aequivalente Länge von der inneren Spirale (1), wenn sie Drb. I enthält, auf etwas über 100' anzusetzen. Dafs die Zahlen bei Einschiebung der Eisenstange hier fast mit denen bei leerer Spirale übereinkommen, erklärt sich daraus zur Genüge, dafs durch Zw. I ein sehr unbedeutender Stromtheil hindurchgeht, dafs also auch nur sehr schwache Nebenströme entstehen, welche die aequivalente Länge der Spirale wenig alteriren.

3. Der Nebenstrom.

a) *Spannungsverhältnisse.* Die Batterie und ihr Schliefsungsdraht war wie unter 1 bis 6, auch war wieder die Ladung $J = 40{,}0$. Die Enden der äufseren Spirale wurden mit den Kugeln des Funkenmessers verbunden. Die Schlagweiten waren:

	29,2	34,7 [1])	34,7	22,2	28,2
für	leer	Drb. I.	Drb. II.	Eis.	Eisenst.

Die Spannungsverhältnisse im Nebendraht sind gerade ebenso wie im Hauptdraht.

b) *Wärmeentwicklung.* Um die Verhältnisse leichter zu überblicken, maafs ich zuerst nur die Wärme im Hauptdraht, der wie in 1.*a* war; die Ladung der Batterie wurde auf $J = 52{,}0$ gebracht. Die zweite Spirale blieb einmal offen, also eine Repetition der oben mitgetheilten Beobachtungen, dann wurde sie durch $2' K$ geschlossen. Diefs gab:

Hauptstrom durch die innere Spirale.

	leer	Drb. I.	Eis.
äufs. Spir. offen	22,5	2,7	11,5
» » geschlossen	23,0	13,5	15,2.

1) Etwas unsicher.

Hauptstrom durch die äufsere Spirale.

		leer	Drb. I.	Eis.
inn. Spir.	offen	20,2	2,6	10,5
» »	geschlossen	20,0	13,4	18,2.

Diese Resultate sind auf den ersten Blick sonderbar; während sonst der Nebenstrom den Hauptstrom schwächt, steigert er hier seine Wirkung und zwar zum Theil in einem sehr bedeutenden Grade. Die Sache erklärt sich indefs ganz einfach, wenn man dem Nebenstrom die Richtung beilegt, die ich für ihn aus meinen früheren Versuchen nachgewiesen habe, nämlich im inducirten Draht entgegengesetzt dem Hauptstrom (s. Beitr. §. 30). Da dieser Nebenstrom hier bei der kurzen Verbindung der Spirale durch $2'K$ einmal stark wird, stärker wenn die äufsere, schwächer wenn die innere Spirale im Hauptdraht ist, und zweitens doch nur wenig Wärme producirt, weil er ganz über Kupferdraht geht, also auch die Wärmeentwicklung auf dem Hauptdraht nur wenig beschränkt, so ist die Wirkung von Haupt- und Nebenstrom zusammen nahe wie von einem einfachen Strom, der beide Spiralen in entgegengesetzter Richtung durchströmt; somit erklärt sich die gleiche oder selbst noch gesteigerte Wärme bei leerer Spirale, somit die Wärme bei eingeschobenem Drahtbündel und Eisenstange, wo zugleich ersichtlich ist, dafs die Wirkung der inneren Spirale auf die äufsere einen dem Hauptstrom nicht ganz gleichen, dagegen die Wirkung der äufseren auf die innere einen nahe gleichen Nebenstrom hervorbringt. — Ganz deutlich werden diese Verhältnisse, wenn man den Hauptstrom und den Nebenstrom zu gleicher Zeit mifst. Hierzu wurde bei sonst unveränderten Verhältnissen die den Nebenstrom gebende Spirale durch $P+1'K$ geschlossen.

	Hauptstr. durch d. inn. Sp.		Hauptstr. durch d. äufs. Sp.	
Glasröhre	Hptstr.	Nebenstr.	Hptstr.	Nebenstr.
leer	20,5	5,5	14,9	12,0
mit Drb. I.	10,8	7,6	12,8	13,8
mit Eis.	14,2	2,0.	14,7	9,5.

Man ersieht aus diesen Beobachtungen erstens, dafs die

innere Spirale einen schwächeren Nebenstrom erzeugt als die äufsere, zweitens dafs beim Drahtbündel die relative Stärke des Nebenstroms gröfser ist als bei leerer Spirale, drittens dafs die Eisenstange die relative Stärke des Nebenstroms vermindert. Für das erste Factum erinnere ich an meine früheren Versuche (Beitr. §. 21), wonach der Hauptstrom in doppelter Länge auf den Nebendraht einwirkend einen doppelt so starken oder der Wärme nach vierfach so grofsen Nebenstrom hervorbringt; die jetzt vorliegenden Versuche vervollständigen den Satz dahin, dafs umgekehrt ein kürzerer, auf einen längeren inducirender Draht einen im Verhältnifs schwächeren Nebenstrom erzeugt. Wir haben hier den Fall, wo einmal $25\frac{1}{2}'$ auf $36'$ und dann wo $36'$ auf $25\frac{1}{2}'$ inducirend einwirken; im letzteren Fall wird der Nebenstrom sogar gröfser als der Hauptstrom. — In Betreff des zweiten Punktes, dafs das Drahtbündel die relative Stärke des Nebenstroms vergröfsert, wolle man sich durch die oben angeführten Beobachtungen über die absolute Stärke desselben nicht irre führen lassen; die absolute Stärke kann beim Drahtbündel nur schwächer seyn als bei leerer Spirale, wenn der Hauptstrom über eine gute Leitung verlaufend wenig geschwächt wird; er erzeugt dann einen starken Nebenstrom, während der Hauptstrom durch das Drahtbündel gehemmt zwar immer noch einen relativ gröfseren Nebenstrom hat, der aber mit dem vorigen verglichen an absoluter Stärke geringer ausfällt. Dafs das Drahtbündel hemmt, sieht man deutlich an der verminderten Wärmeentwicklung, wenn man dieselbe im Haupt- und Nebenstrom zusammenrechnet. Nur wenn die äufsere Spirale inducirt und einen dem Hauptstrom ziemlich gleich starken, dabei rückläufigen Nebenstrom erzeugt, so fällt die Verringerung der Wärmeentwicklung fort, und die Wirkung des Drahtbündels ist nahe auf Null gebracht. — Dafs drittens der Nebenstrom bei eingeschobener Eisenstange sowohl relativ als absolut kleiner ausfällt als bei leerer Spirale, kann nichts Auffallendes haben, da jeder Draht, welcher schon auf einem anderen hier in dem Eisen

[illegible] auf einen zweiten Draht
[illegible]

[illegible] Nebenbatterie.

[illegible] die beiden Flaschen $F_2 + F_3$, [illegible] an Kraft ziemlich gleich [illegible] Drahtlänge für das Maximum des [illegible] festzusetzen, wurde der Hauptdraht [illegible] gebildet und seine Länge mit [illegible] Spirale auf 52',5 K gebracht. Im Neben[illegible] Spirale von 36', dazu 4' K und das [illegible] Totallänge von 42',0 K; dieser Draht [illegible] Kupferdraht verlängert. Die Ladung J [illegible] 520. Das Thermometer zeigte:

[illegible]	leer	Drb. I.	Eis.
[illegible]	15,0	8,5	9,2
	15,0	8,7	9,5
	14,8	8,7	9,0.

[illegible] Erwärmung fällt hier auf einen Neben[illegible] 42' Länge und zwar in allen drei [illegible] die Glasröhre leer oder das Drahtbündel [illegible]. Da diese Länge gegen den [illegible] ist, mir also Bedenken [illegible] noch den Hauptdraht um 8' K, [illegible] unverändert blieb. Ich erhielt:

[illegible]	leer	Drb. I.	Eis.
[illegible]	14,6	8,7	9,0
	14,0	8,4	8,0.

[illegible] der Erwärmung schon etwas [illegible] Nebendraht, bei einem etwa [illegible] Hauptdraht. — Hierauf [illegible] Hauptdraht genommen [illegible] gebracht. Die Länge des [illegible] Thermometer 33',5 K. Die Beob-

Nebendraht verlängert	leer	Drb. I,	Eis.
um $1\frac{1}{2}'$	12,2	6,8	4,4
4'	13,0	7,5	5,0
8'	13,4	7,8	5,6
12'	13,8	8,0	6,5
16'	14,0	8,0	6,7.

Hier fällt das Maximum der Erwärmung auf einen Nebendraht von 49',5 Länge oder noch etwas darüber hinaus, also gerade umgekehrt auf eine Länge des Nebendrahts, die etwa um 5' gröfser ist als die Länge des Hauptdrahts. Nach meinen bisherigen Beobachtungen über den Strom der Nebenbatterie erkläre ich mir die Sache so, dafs die auf einander inducirenden Drähte bei gleich grofsen Batterien einander gleich seyn müssen; ist demnach der Hauptdraht zu lang, so nimmt er aufser der ihm gegenüberstehenden Länge noch so viel vom Nebendrahte hinzu, bis seine Länge erreicht wird; diese Länge kommt aber als nebenliegend nur als halbe Länge in Anrechnung; hier also, wo $10\frac{1}{2}'$ fehlen, kommen vom Nebendraht $10\frac{1}{2}'$ als $5\frac{1}{4}'$ zur Anrechnung; somit wird der Nebendraht auf gewöhnliche Weise gemessen beim Maximum um $5\frac{1}{4}'$ zu lang. Ist umgekehrt von den inducirenden Drähten der im Hauptdraht zu kurz, so werden von ihm noch $10\frac{1}{2}'$ herbeigezogen und diese kommen wieder nur als $5\frac{1}{4}'$ in Anrechnung. — Da die jetzt bestehenden Ansichten meist noch dahin gehen, dafs der Strom der Nebenbatterie nichts anders sey als der in der Nebenbatterie condensirte Nebenstrom, so maafs ich, den Hauptdraht aus Kupferdraht bestehen lassend, im Nebendraht, der nahe die Länge für das Maximum hatte, einmal die Stärke des Stroms der Nebenbatterie, zweitens die Stärke dieses Stroms, wenn sich die Nebenbatterie über die nahe auf die gröfstmögliche Schlagweite gestellten Kugeln eines mit der äufseren und inneren Belegung verbundenen Funkenmessers entladete, drittens den Nebenstrom, der nach ausgelöster Nebenbatterie über denselben, nur um 2' K. verlängerten Nebendraht flofs. Als die innere Spirale im Hauptdraht von der Totallänge 44',5 war und die

Länge des Nebendrahts 42',0 betrug, erhielt ich folgende Erwärmungen:

	leer	Drb. I.	Eis.
beim gewöhnl. Strom d. Nebenbatt.	15,0	9,0	9,0
bei Entladung d. Nebenbatt. in einer Schlagweite von	(38,7) 4,0	(32,7) 3,0	(28,7) 3,2
beim Nebenstrom . . .	7,8	8,4	2,5.

Dann als die äufsere Spirale im Hauptdraht war, dessen Länge 45',0 betrug, und der Nebendraht eine Länge von 49',5 hatte:

	leer	Drb. I.	Eis.
beim gewöhnl. Strom d. Nebenbatt.	13,5	7,5	6,5
bei Entladung d. Nebenbatt. in einer Schlagweite von	(36,7) 5,2	(30,7) 3,5	(26,7) 4,0
beim Nebenstrom . . .	9,0	10,1	3,2.

Schon nach diesen Beobachtungen ist es unmöglich, dafs hier nichts anders vorliegen solle, als eine Ladung der Nebenbatterie durch den Nebenstrom und eine darauf folgende Entladung. Einmal stimmen die Wirkungen der Nebenbatterie in den verschiedenen Fällen nicht mit der Stärke des Nebenstroms überein; man vergleiche nur die Beobachtungen mit dem Drahtbündel und der Eisenstange; dann müfste ferner der Ladungsstrom der Nebenbatterie, der bei der Entladung derselben über den Funkenmesser isolirt hervortreten würde, viel stärker seyn, als er sich in den Beobachtungen zeigt. Beim Drahtbündel namentlich müfste der Ladungsstrom, weil er in der Spirale gegen den Hauptstrom in conträrer Richtung läuft, fast die ganze Stärke des Stroms hergeben, welche die Nebenbatterie erlangt, denn der Entladungsstrom, gleich gerichtet mit dem Hauptstrom oder später einzeln erfolgend, würde so sehr durch das Drahtbündel gehemmt werden, dafs er kaum einen bemerkbaren Theil zur beobachteten Erwärmung hinzufügen könnte.

Meine Ansichten über diese Thatsachen mag ich jetzt noch nicht mittheilen, da ich den hier berührten Fall besonders zu studiren bereits begonnen habe, aber mit den erforderlichen Versuchen noch nicht bis zum Schlufs gekommen bin; mir genügt es, allein darauf aufmersam zu machen, dafs man mit den hergebrachten Ansichten auf keine genügende Erklärung der Thatsachen kommen kann. — Es wurden nun noch die Erwärmungen im Haupt- und im Nebendraht gemessen, und hierzu unter sonst unveränderten Verhältnissen wie bei den beiden letzten Reihen ein Platindraht *P* in den Hauptdraht eingefügt; auch schaltete ich nebenbei die Platinspirale *B* in den Bogen des Funkenmessers ein, um die hierdurch veranlafsten Aenderungen des Hauptstroms anzudeuten.

		leer			Drb. l.			Eis.	
		Hptdr.	Nbdr.		Hptdr.	Nbdr.		Hptdr.	Nbdr.
Innere Spirale im Hauptdraht.									
gewöhnl. Strom		12,7	10,7		7,5	6,5		11,2	6,5
Ueberschlag bei	(34,7)	6,5	3,7	(32,7)	4,0	2,3	(26,7)	8,5	2,7
» über *B*		5,0	—		2,7	—		8,0	—
Nebenstrom		18,5	4,2		10,2	6,9		13,5	1,7
Aeufsere Spirale im Hauptdraht.									
gewöhnl. Strom		12,6	10,4		4,5	6,2		6,5	5,0
Ueberschlag bei	(34,7)	6,8	4,0	(30,7)	2,7	3,0	(24,7)	7,6	2,2
Nebenstrom		17,0	6,0		9,5	8,2		10,5	2,2

Ich will hier nicht noch einmal auf das Ungenügende der bisherigen Ansichten aufmerksam machen, doch weise ich noch darauf hin, dafs der Hauptstrom sinkt, wenn sich die Nebenbatterie über den Funkenmesser entladet, und dafs hiervon allein die Beobachtung in der letzten Reihe bei der Eisenstange eine scheinbar wunderliche Ausnahme bildet. Ohne die ganzen Verhältnisse ausführlich zu besprechen, läfst sich das Einzelne nicht leicht erklären. — Die letzte Reihe bietet dagegen die Lösung der ursprünglich aufgestellten Frage, warum unter dem Einflufs eines Drahtbündels der Nebenstrom eine stärkere physiologische Wirkung hervorbringt, während er die absolute Wärmeentwicklung nicht steigert, eher erniedrigt. Nach den Rei-

trischen Apparate gemäfs ihrer stärkeren chemischen Wirkung mehr der galvanischen Elektricität der Daniell-, Grove-, Bunsen'schen Elemente und Batterien sich nähert, während die Inductionselektricität der elektromagnetischen Apparate gemäfs ihrer stärkeren physiologischen Wirkung der Reibungs- oder Maschinenelektricität näher steht.

Daraus geht auch hervor, dafs auch die Ströme der magnetoelektrischen Rotationsapparate, wie sie z. B. an den Eisenbahntelegraphen gebraucht werden, bei weitem mehr dem Leitungswiderstande unterliegen, während die Ströme der elektromagnetischen Apparate denselben (Sinsteden) bei weitem leichter überwinden.

Dafs dieses zu technischer Anwendung solcher Apparate von grofser Wichtigkeit ist, versteht sich von selbst, besonders wenn von jetzt an durch meine Vorrichtung die secundären elektromagnetischen Inductionsströme als gleichgerichtete gebraucht werden können.

Mein Apparat ist also ein elektromagnetischer, dessen erste Erregung durch ein Zink-Kohlenelement geschieht, und seine Beschreibung folgende.

1. Die Inductionsrolle.

Die Inductionsrolle besteht aus einem ausgebohrten Hohlcylinder von weichem Eisen, innerhalb dessen noch ein massiver Eisenstab sich befindet, beide mit den seidenumsponnenen Kupferdrähten umwickelt. Sie bildet also eine Art von Romershausen'schen verstärktem Elektromagnet, aber doch nicht ganz so, wie Romershausen dieses (Dingler's polytechnisches Journal, Bd. 120) angegeben hat. Beide, sowohl der Holzcylinder als der massive Stab von Eisen, würden mit dem inducirenden und inducirten Drahte umwickelt auch schon einzeln zur Erregung der secundären Ströme genügen, aber ihre Fernwirkung zur Anziehung der das stromunterbrechende Hammerwerk und den Commutator bewegenden Eisenplatte wäre einzeln nicht

VI. *Der elektromagnetische Apparat mit gleichlaufenden Inductionsströmen zweiter Ordnung; von Dr. Friedr. Wilh. Heidenreich,*

practischem Arzt in Ansbach.

Es ist mir gelungen an dem elektromagnetischen Apparate mit Inductionsströmen zweiter Ordnung einen Commutator anzubringen, durch welchen die in entgegengesetzten Richtungen eintretenden (alternirenden) secundären Ströme zu gleich gerichteten umgewechselt werden, so dafs man von jetzt an auch mit diesen secundären Strömen die Magnetnadel bleibend ablenken, chemisch wirken kann u. s. w. [1]).

Meine Construction dieses Apparates halte ich für etwas Neues, indem meines Wissens selbst an Du Bois-Reymond's und Duchenne's elektromagnetischen Apparaten, welche doch für die neuesten und besten gelten, eine solche Vorrichtung zu gleichlaufenden Strömen zweiter Ordnung sich nicht befindet; desgleichen hat mich die von Poggendorff selbst gelieferte Beschreibung (dessen Annalen Bd. 94, S. 289) des Apparates von Ruhmkorff, der erst im vorigen Jahre von Paris nach Berlin gebracht wurde, belehrt, dafs von einer ähnlichen Construction wie der meinigen noch nirgends die Rede ist.

Es wird durch diese meine Vorrichtung zu gleichlaufenden Strömen der elektromagnetische Apparat dem magnetoelektrischen Rotationsapparate vollkommen ähnlich und jetzt erst, nachdem beide Gattungen von Apparaten gleichlaufende Inductionsströme gewähren, wird eine vergleichende Beurtheilung ihrer Wirkungen möglich, die bisher überall nur sehr dürftig ausgefallen ist und im Allgemeinen dahin geht, dafs die Inductionselektricität der magnetoelek-

1) Das kann man aber bekanntlich auch schon ohne Commutator, wenn man durch Einschaltung einer Luftschicht die Ströme der einen Richtung zurückhält, was freilich voraussetzt, dafs die der anderen hinreichende Intensität besitzen, um die Luftschicht durchbrechen zu können. *P.*

Messingplatten, die von vier senkrechten messingenen Stäben mittelst Schrauben getragen werden und in ihrer Mitte ein rundes Loch haben, um den Eisencylinder bis an die oben bezeichneten Schraubenköpfe aufzunehmen.

Auf dem Brettchen befinden sich nun noch verschiedene Klemmschrauben, mit welchen die Leitungsdrähte der inducirenden Umwicklung des Hohlcylinders in Verbindung gesetzt und dadurch mit dem erregenden elektrischen Elemente leitend verbunden werden, der inducirende Strom des inneren massiven Eisenstabes wird in einer dieser entgegengesetzten Richtung geleitet und die Enden des inducirten Drahtes stehen mit den Silberstreifen des Commutators in Verbindung.

2. Die Stromunterbrechung.

Die Stromunterbrechung geschieht durch das Wagner-Neeff'sche Hammerwerk, welches hier unterhalb der Inductionsrolle angebracht ist, wefshalb diese letztere durch die Messingstäbe und Platten des Gestelles um $2\frac{1}{2}$ Zoll über dem Brettchen in der Höhe befestigt wurde.

Auf einer in der Mitte des Brettchens festgeschraubten Messingplatte von ziemlicher Stärke befindet sich, neben einer Klemmschraube zur Einmündung von Leitungsdrähten, eine senkrecht stehende Feder von Neusilber; diese trägt ein horizontales messingenes Stäbchen und dieses an seinem von der Feder an hinteren, kürzeren Ende eine unter die Inductionsrolle zu stehen kommende runde Eisenplatte, am vorderen längeren Ende ein konisch zulaufendes mit der abgestumpften Spitze noch aufwärts gerichtetes und an letzterer mit Platindecke versehenes Hämmerchen.

Oberhalb dieses Hämmerchens, an einem kleinen von zwei senkrecht stehenden Messingstäben getragenen horizontal liegenden Brettchen, befindet sich an einer starken Messingplatte nebst Klemmschraube zur Aufnahme von Leitungsdrähten eine durch eine Stellschraube zu regulirende messingene Feder, gegen welche das Hämmerchen anschlägt,

und die Stelle derselben, welche gerade als Ambofs dient, ist gleichfalls mit Platin belegt.

Die Leitungsdrähte sind so geführt, dafs wenn das Hämmerchen an die als Ambofs dienende Messingfeder anschlägt, der primäre Strom geschlossen und der Elektromagnet der Inductionsrolle inducirt, d. h. in magnetischen Zustand versetzt wird. Dieser zieht nun die unter ihm befindliche Eisenplatte an, d. h. gegen sich hinauf, wodurch das Hämmerchen jenseits der Enden herabgezogen und die Kette geöffnet wird. Dadurch aber wird die Inductionsrolle oder eben ihre Elektromagnete entmagnetisirt, die ziemlich schwere Eisenplatte sinkt herab und drängt jenseits der Feder das Hämmerchen wieder in die Höhe an seinen Ambofs, wodurch der Strom abermals geschlossen wird, die magnetisirte Inductionsrolle die Eisenplatte wieder anzieht u. s. w.

Bis hieher ist nun alles so ziemlich bekannt und das Vorgetragene, aufser der Anwendung des verstärkten Elektromagnets zur Inductionsrolle, gerade nichts Neues. Etwas wirklich Neues glaube ich durch meinen Commutator geleistet zu haben.

3. Der Commutator.

Dieser Commutator befindet sich an einer Verlängerung des horizontalen Messingstäbchens, welches die runde Eisenplatte und das Hämmerchen trägt, ist also unmittelbar mit der Stromunterbrechungsvorrichtung verbunden und wird zugleich mit derselben und durch dieselbe bewegt.

An diese Verlängerung des Messingstäbchens über das Hämmerchen hinaus ist ein halbkreisartig gebogener Messingdraht angelöthet und festgeschraubt, und an die beiden Enden dieser ungefähr gabelförmigen Biegung dieses Drahtes ist ein kleines horizontal zu stehen kommendes Brettchen von Buchsbaumholz festgeschraubt, welches die Commutatorvorrichtung trägt.

In dieses Brettchen sind zwei parallele sich nicht berührende Silberstreifen eingelassen und mit der etwas bau-

chig gewölbten Oberfläche des Brettchens ganz glatt und eben abgeschliffen, so dafs die gabelförmigen Zinken der sogleich zu beschreibenden Federn leicht von dem Holze auf das Silber über und eben so leicht wieder von dem Silber auf das Holz zurückgleiten können.

Vor diesem Brettchen stehen etwas entfernt von einander zwei senkrechte Federn von hartgeschlagenem Silber, jede mit zwei gabelförmigen am Ende etwas abgerundeten Armen oder Zinken von ungleicher, je dem oberen und unteren Silberstreifen des Brettchens entsprechender Länge, welche sich an das Brettchen mit seinen Silberstreifen anlegen, und diese Zinken sind so eingestellt, dafs bei der Bewegung des Brettchens auf und nieder, die zugleich mit der des Hämmerchens geschieht, je eine Zinke der entgegengesetzten Feder denselben Silberstreifen berührt, wenn die Zinke der andern Feder ihn verläfst. Oder nochmals und umständlicher: wenn der längere Arm der rechtsstehenden Feder (bei Abwärtsbewegung des Brettchens) nach oben zu abgleitend, den oberen Silberstreifen verläfst, wird dieser selbe Streifen vom längeren Arme der linksstehenden Feder von unten hinaufgleitend berührt; zu gleicher Zeit wird aber, wenn der kürzere Arm der linksstehenden Feder den unteren Silberstreifen nach oben zu verläfst, dieser untere Streifen vom kürzeren Arme der rechtsstehenden Feder berührt.

Es ist dabei auch dem Koosen'schen Verfahren Rechnung getragen, und die Einrichtung getroffen, dafs immer zwei Arme oder Zinken entgegengesetzter Federn den zweiten Streifen einen Augenblick berührt haben müssen, ehe die andern beiden Zinken den ersten verlassen.

Die horizontalen Fortsetzungen dieser Federn auf dem Brettchen stehen abermals mit Klemmschrauben in Verbindung, durch welche nun die vom Commutator umgewechselten Ströme weiter geleitet und nach Erfordernifs oder Belieben verwendet werden können.

Werden nun die Enden des längeren dünneren inducirten Drahtes der Inductionsrolle mit den Oehren an den

Silberstreifen des Commutators und die Enden des Drahtes für den primären Strom mit dem erregenden elektrischen Elemente verbunden, so tritt der ganze Apparat in Wirksamkeit.

Da nun die inducirten secundären Ströme des Apparats durch die Schliefsung und Oeffnung des primären Stromes erzeugt werden, aber in entgegengesetzten Richtungen als Schliefsungs- und Oeffnungs-Inductionsstrom alternirend eintreten, der Commutator aber wieder zugleich mit dem Hammerwerke, welches die Schliefsung und Oeffnung des primären Stromes, also auch die Erzeugung der secundären vermittelt, bewegt wird, so fällt die Bewegung des Commutators mit der Erzeugung der secundären Ströme zusammen, — da aber nun wieder in diesem Momente der Stromwechsel durch den Commutator geschieht, so müssen die alternirenden secundären Inductionsströme zu gleichlaufenden umgewandelt werden, mit welchen man die Magnetnadel bleibend ablenken, Wasser zersetzen, überhaupt chemisch wirken kann u. s. w., und dieses haben auch die angestellten Versuche zur Genüge bestätigt.

Zur Erregung des primären elektrischen Stroms dient mir ein einfaches ziemlich kleines Bunsen'sches Zink-Kohlenelement, die Kohle mit Salpetersäure getränkt, in innerem Glase stehend, von verdünnter Schwefelsäure umgeben, 1 Theil Säure auf 7 Theile Wasser; in die Thonzelle um das Zink kommt 1 Theil Schwefelsäure auf 15 Theile Wasser.

Da aber der primäre Draht gegen 55 bayerische Ellen (à 85 Centimeter) und der secundäre über 425 dergleichen Ellen lang ist, so giebt diefs einen so gewaltigen Inductionsstrom, dafs die physiologischen Erscheinungen zu stark hervortreten und der mit ihnen verbundene Schmerz unerträglich wird.

Ich gebrauche daher das Zink-Kohlenelement nur zu physikalischen und chemischen Versuchen, und zu physiologischen Experimenten nur eine kleine Kohlenrolle von nicht ganz 3 Zoll Höhe und 1½ Zoll Durchmesser, mit Sal-

petersäure getränkt und oben und unten zur Isolirung des Zinkes mit etwas Bindfaden umwickelt, worüber ein Hohlcylinder von Zinkblech geschoben wird. Eine gesättigte Lösung von Kochsalz als erregende Flüssigkeit, nur ein Paar Linien hoch zugegossen, ist hinreichend, um den Apparat für physiologische und therapeutische Zwecke in Wirksamkeit zu versetzen.

Ich habe nun mit anderen elektrischen Apparaten im Verhältnifs zum meinigen vergleichende Versuche unternommen und zwar die Wirkungen eines einfachen Bunsen'schen Elementes, eines elektromagnetischen Heller'schen Apparates mit alternirenden Inductionsströmen zweiter Ordnung, eines elektromagnetischen Heller'schen Apparates mit gleichlaufenden Inductionsströmen erster Ordnung und eines magnetoelektrischen Stöhrer'schen Rotationsapparates der Wirkung meines Apparates gegenübergestellt.

Es ergab sich, dafs mein Apparat weniger stark chemisch wirkte als der Stöhrer'sche und das einfache Zinkkohlenelement, aber bei weitem stärker physiologisch als beide. Der Reihenfolge nach wirkten am stärksten chemisch der Stöhrer'sche Apparat, dann das Bunsen'sche einfache Element, dann mein Apparat, dann der Heller'sche zweite, indem mit dem Heller'schen ersten Apparate bei alternirenden Strömen von eigentlicher chemischer Wirkung keine Rede seyn kann.

Zu meinen physikalisch-chemischen Versuchen genügte mir die Stärke meines Apparates mit dem Bunsen'schen Elemente, zur therapeutischen Anwendung und zu physiologischen Experimenten mit dem schwächeren Elemente der Kohlenrolle und dem Salzwasser. Wollte man aber zu technischen Zwecken z. B. zum Telegraphen solche Apparate gebrauchen, so könnte man zwei derartige Inductionsrollen nehmen, welche in entgegengesetzter Richtung aufgewickelt sind, die beiden primären Leitungsdrähte gesondert führen, von den beiden secundären Drähten das Ende der ersten Rolle mit dem Anfange der zweiten und den

Anfang der ersten und das Ende der zweiten mit dem Silberstreifen des Commutators verbinden und das Hammerwerk zur Stromunterbrechung in der Art construiren, dafs immer die Oeffnung des einen primären Stromes den andern schliefst und umgekehrt, und würde jetzt sogar continuirliche gleichlaufende Ströme von eminenter Intensität erhalten.

VII. *Ueber die diamagnetische Wirkung; von F. Reich.*

(Mitgetheilt vom Hrn. Verf. aus den Berichten der K. Sächs. Gesellsch. der Wissenschaften.)

Es besteht immer noch eine Discussion darüber, ob die Abstofsung, die ein Magnetpol auf einen diamagnetischen Körper ausübt, die Folge einer in diesem hervorgerufenen Polarität sey, oder nicht. Kürzlich hat Hr. Tyndall [1]) eine Entscheidung darüber auf die Bemerkung gegründet, dafs die diamagnetische Abstofsung im einfachen Verhältnisse der Stromstärke wachsen müsse, wenn sie eine Wirkung des Magnetpoles auf die unveränderte Substanz des diamagnetischen Körpers wäre, — dahingegen im quadratischen Verhältnisse der Stromstärke, wenn sie in Folge einer durch Influenz hervorgerufenen magnetischen Polarität stattfände, gerade wie die Wirkung eines Magneten auf einen anderen, durch ihn nicht veränderten, der Intensität des Magnetismus einfach, dagegen die Wirkung eines Magneten auf ein unmagnetisches Stück weiches Eisen dem Quadrat der magnetischen Intensität proportional ist. — Durch theils eigene, theils früher von E. Becquerel angestellte Versuche zeigt Hr. Tyndall, dafs die diamagnetische Abstofsung wie das Quadrat der Magnetstärke wächst,

1) *Philos. Mag.* 1855. *Sept. Vol. X*, *p.* 153. (Eine Arbeit, die, sobald es der Raum gestattet, den Annal. einverleibt werden soll. *P.*)

was ein neuer Beweis für die Polarität eines diamagnetischen Körpers ist.

Es würde mir nicht beigegangen seyn, diese Versuche einer bestätigenden Wiederholung zu unterwerfen, wäre ich nicht von Hrn. Matteucci aufgefordert worden, es mit Hülfe der zu Bestimmung der Dichtigkeit der Erde construirten Torsionswage zu thun, und da die Versuche einmal angestellt worden sind, hoffe ich, dafs ihre Veröffentlichung nicht ganz ohne Interesse erscheinen werde.

An dem Arme der Torsionswaage hängt an einem Ende eine Wismuthkugel von 484,15 Gramm, umgeben von einem cylindrischen, hölzernen, aufsen und innen mit Stanniol bekleideten Gehäuse. In dem Niveau des Mittelpunktes dieser Kugel wurde der Magnet von bestimmter Stärke bis auf eine bestimmte Entfernung genähert und die dadurch bewirkte Abstofsung beobachtet. Der Arm der Torsionswaage blieb dabei immer im Schwingen, was zu Anfang beliebig durch die Attraction einer Bleimasse oder durch die diamagnetische Einwirkung selbst hervorgerufen wurde.

Aus den Versuchen über die Dichtigkeit der Erde ist bekannt, dafs die schwingende Torsionswaage niemals längere Zeit dieselbe Ruhelage unverändert beibehält, wenn auch alle äufseren Einflüsse, soweit bekannt, unverändert bleiben. Diese Aenderungen sind zwar gering, aber doch bei diesen Versuchen die Genauigkeit der Resultate wesentlich beeinträchtigend. Andere störende Einflüsse werden sich aus der Darstellung der Versuche selbst ergeben.

Erster Versuch. Drei quadratische Magnetstäbe von 496^{mm} Länge und $8,6^{mm}$ Dicke, mit Nr. 4, 5 und 6 bezeichnet, liefs man zu Messung ihrer Intensität auf eine Compafsnadel aus $0,5^{m}$ Entfernung von deren Gehäuse wirken, und fand die Ablenkung durch Nr. 4 allein $9^{0}\ 45'$, durch Nr. 4 und 5 vereinigt $18^{0}\ 30'$, durch Nr. 4, 5 und 6 vereinigt $23^{0}\ 54'$; also das Verhältnifs ihrer Intensitäten wie $1:1,9472:2,5789$, und das Verhältnifs der Quadrate derselben wie $1:3,7917:6,6508$.

In derselben Reihefolge wurden diese Stäbe so weit als möglich, d. h. bis zur Berührung mit dem Gehäuse der Torsionswaage, der Wismuthkugel genähert, und beobachtete man

die Ruhelage ohne Magnet		bei	59,200
mit Nr.	4	»	55,550
» »	4 u. 5	»	48,750
» »	4, 5 u. 6	»	42,425
» »	4 u. 5	»	48,075
» »	4	»	54,575
ohne Magnet		»	57,500.

Man sieht hieraus, wie sich die Ruhelage des Armes nicht unbeträchtlich verändert hat, indessen auch, dafs diese Veränderung ziemlich der Zeit proportional gewesen ist. Nimmt man daher das Mittel, so erhält man

die Ruhelage ohne Magnet		bei	58,3500
mit Nr.	4	»	55,0625
» »	4 u. 5	»	48,4125
» »	4, 5 u. 6	»	42,4250

und es ergiebt sich die Abstofsung durch Magnet

Nr. 4	zu	3,2875	Scalentheile	$= 0,3840^{mm}$	$= 1$
» 4 u. 5	»	9,9375	»	$= 1,1608^{mm}$	$= 3,0228$
» 4, 5 u. 6	»	15,9250	»	$= 1,8601^{mm}$	$= 4,8441.$

Das Verhältnifs dieser Abstofsungen zeigt entschieden, dafs sie schneller wachsen als im einfachen Verhältnisse der angewendeten magnetischen Kräfte, allein es ist noch weit entfernt davon, dem Verhältnisse der Quadrate dieser Kräfte gleich zu seyn. Die Hauptursache dieser Abweichung liegt darin, dafs die Entfernung der Wismuthkugel vom Magnetpole mit der Abstofsung wuchs, und diese Zunahme der Entfernung einen sehr beträchtlichen Einflufs ausüben mufste, einmal, weil die ganze Entfernung nur gering war, und dann weil, bei Zugrundelegung der Ansicht von einer in der Wismuthkugel erregten Polarität, die Abstofsung durch denselben Magnetpol sich umgekehrt wie die vierte Potenz der Entfernung verhalten mufs. Nennt man daher C die Entfernung des Mittelpunktes der Absto-

fsung in der Wismuthkugel von dem Orte des Magnetpoles bei der Ruhelage ohne Magnet, so ist dieselbe bei Nr. 4 $C + 0{,}3840$, bei Nr. 4 und 5 $C + 1{,}1608$ und bei Nr. 4, 5 und 6 $C + 1{,}8601$, es verhalten sich daher die abstofsenden Kräfte wie

$$\frac{1}{(C+0{,}3840)^4} : \frac{3{,}7917}{(C+1{,}1608)^4} : \frac{6{,}6508}{(C+1{,}8601)^4}.$$

Durch Gleichsetzung dieses Verhältnisses mit dem der gefundenen Abstofsungen liefse sich das direct nicht zu messende C bestimmen; es sind aber dazu die Beobachtungen nicht von hinreichender Genauigkeit. Auch ist bei der geringen Entfernung des Magnetpoles von der Wismuthkugel die seitliche Lage und daher nicht unbedeutend schiefe Wirkung zweier Magnete bei Anwendung von dreien von merklichem Einflusse.

Zweiter Versuch. Es erhellt aus dem vorigen Versuche, dafs es zweckmäfsiger ist, die Magnete aus einer gröfseren Entfernung wirken zu lassen. Um dabei aber eine hinlänglich grofse Abstofsung zu erhalten, mufste die Intensität der Magnete beträchtlich vermehrt werden. Es wurden deshalb 32 ganz ähnliche Magnetstäbe, wie die vorher erwähnten, angewendet. Sie waren mit fortlaufender Nummer bezeichnet und lagen, wenn sie sämmtlich wirkten, in 4 horizontalen Reihen zu je 8 Stäben, so dafs Nr. 1 bis 8 den ersten, Nr. 9 bis 16 den zweiten u. s. w. Quartanten der Stirnfläche bildeten, und der Mittelpunkt der letzteren in der durch die Mitte der Wismuthkugel senkrecht auf die Richtung des Armes der Drehwaage gelegten Horizontallinie 50 Millimeter entfernt vom Gehäuse lag. In derselben Anordnung bestimmte ich ihre Intensität durch Ablenkung einer Compafsnadel aus 1 Meter Entfernung von deren Gehäuse, und erhielt von

Nr. 1 bis 8	eine Ablenk. von	11° 3′,	also die Intens.	1
» 1 » 16	» » »	15° 45′,	» » »	1,4442
» 1 » 24	» » »	21° 42′,	» » »	2,0378
» 1 » 32	» » »	27° 3′,	» » »	2,6148.

Das Verhältnifs der Quadrate dieser Intensitäten ist daher $= 1 : 2{,}0857 : 4{,}1525 : 6{,}8369$. Beobachtet wurde die Ruhelage der Torsionswaage

ohne Magnet	anfangs bei	57,875	Mittel	58,9000
	zuletzt »	59,925		
durch Nr. 1 bis 8	zuerst »	55,125	»	55,7250
	nachher »	56,325		
» » 1 » 16	zuerst »	51,975	»	51,9875
	nachher »	52,900		
» » 1 » 24	zuerst »	46,300	»	46,5125
	nachher »	46,725		
» » 1 » 32	zuerst »	39,625	»	39,5725
	nachher »	39,525		

Man erhält somit die Abstofsung durch

Nr. 1 bis 8	3,1750 Scalentheile	$= 0{,}3709^{mm}$	$= 1$
» 1 » 16	6,9125 »	$= 0{,}8074$	$= 2{,}1772$
» 1 » 24	12,3875 »	$= 1{,}4470$	$= 3{,}9016$
» 1 » 32	19,3250 »	$= 2{,}2573$	$= 6{,}0866$.

Dieses Verhältnifs der Abstofsungen weicht von dem der Quadrate der Magnetstärken nicht mehr ab, als sich aus der zunehmenden Entfernung erklären läfst, denn nimmt man für C den nicht unwahrscheinlichen Werth von 70^{mm} an, so erhält man das Verhältnifs der abstofsenden Kräfte zu

$$\frac{1}{70{,}3709^4} : \frac{2{,}0857}{70{,}8074^4} : \frac{4{,}1525}{71{,}4470^4} : \frac{6{,}8369}{72{,}2573^4} = 1 : 2{,}0347 : 3{,}9080 : 6{,}1504$$

was von dem Verhältnisse der beobachteten Abstofsungen nicht mehr abweicht, als die unvermeidlichen Beobachtungsfehler füglich zulassen.

Dritter Versuch. Da die Anwendung eines Elektromagneten genauere Resultate erwarten liefs, weil bei demselben bei ganz unveränderter Lage und Gröfse die Intensität des Magnetismus sich verändern und zu gleicher Zeit messen läfst, so legte ich einen 32^{mm} dicken und 440^{mm} langen, runden Eisenstab, in der Mitte von einer Spirale aus dickem Kupferdraht umgeben, horizontal neben die Wismuthkugel, so dafs sein genähertes Ende 67^{mm} von dem Gehäuse der Torsionswaage entfernt war, und liefs den

[illegible] von [illegible] 4 Daniell'schen Elementen durch die
[illegible] [illegible]. In die Kette war eine Tangentenbussole
eingeschaltet, nur von zwei festen Punkten der Kette aus
[illegible] ein Zweigstrom durch den Multiplicator einer Sinus-
bussole geleitet. Die Tangentenbussole war nur in einzelne
Grade getheilt und erlaubte daher keine sehr genaue Mes-
sung der Stromstärke. Die Sinusbussole, von **Oertling**
in Berlin angefertigt, ist ein sehr vollkommenes Instrument
und gestattete eine sichere Beobachtung der Ablenkung
der Nadel bis auf einzelne Minuten. Es zeigte sich in-
dessen, dass dieselbe, wenn die Kette geöffnet wurde, nicht
wieder genau sich auf Null einstellte, was eine Folge ihrer
Construction ist und der Genauigkeit ihrer Angaben nicht
unbedeutenden Abbruch thut. Die Beobachtungen gaben:

	Ruhelage.	Tangentenbussole.	Sinusbussole.
Ohne Strom	83,300	0°,0	0° 0'
1 Element	80,650	16 ,1	2 41
2 Elemente	75,575	25 ,5	4 30
3 „	71,175	32 ,5	5 52
4 „	67,625 67,650	36 ,4	6 51
3 „	72,100	31 ,6	5 46
2 „	76,625	25 ,2	4 31
1 Element	80,775	15 ,7	2 43
Ohne Strom	82,975	0 ,0	0 10

Man hat daher im Mittel:

Anzahl der Elemente.	Ruhelage.	Abstofsung.			Stromstärke.							
					Tangentenbussole.				Sinusbussole.			
		Scalentheile.	Millimeter.	Verhältnifs.	Ablenkung		Verhältnifs		Ablenkung		Verhältnifs	
					beob.	corr.	einfach	Quadr.	beob.	corr.	einfach	Quadr.
0	83,1375	0	0	0	0,0	0,0	0	0	0° 5′	0° 0′	0	0
1	80,7125	2,4250	0,2833	1	15,9	15,9	1	1	2 42	2 37	1	1
2	76,1000	7,0375	0,8220	2,9020	25,35	25,35	1,6743	2,8031	4 30,5	4 25,5	1,6900	2,8561
3	71,6375	11,5000	1,3433	4,7423	32,05	32,05	2,2125	4,8953	5 49	5 44	2,1881	4,7880
4	67,6375	15,5000	1,8105	6,3918	36,4	36,4	2,6054	6,7883	6 51	6 46	2,5809	6,6609

[illegible] wurde weiter nichts [illegible] Sinusbussole in ein [illegible] jede Einwirkung des [illegible] zu vermeiden. Hr. Schieds- [illegible] Güte, bei den Beobachtungen [illegible]

[illegible]

	[illegible]	Tangentenbussole.	Sinusbussole.
[illegible]	[illegible]	0°,0	0° 0'
[illegible]	[illegible]	13 ,0	2 46
[illegible]	75,500	21 ,9	4 20
[illegible]	70,250	27 ,8	5 38
[illegible]	66,225 66,350	31 ,6	6 30
[illegible]	70,875	26 ,6	5 18
[illegible]	75,450	19 ,6	4 0
[illegible]	79,075	12 ,0	2 38
[illegible]	81,575	0 ,1	0 30

[illegible] Mittel:

Anzahl der Elemente.	Ruhelage.	Abstofsung.			Stromstärke.							
					Tangentenbussole.				Sinusbussole.			
					Ablenkung		Verhältnifs		Ablenkung		Verhältnifs	
		Scalentheile.	Millimeter.	Verhältnifs.	beob.	corr.	einfach	Quadr.	beob.	corr.	einfach	Quadr.
0	82,9250	0	0	0	0°,05	0°	0	0	0° 15′	0° 0′	0	0
1	79,9500	2,9750	0,3475	1	12 ,5	12 ,45	1	1	2 42	2 27	1	1
2	75,4750	7,4500	0,8702	2,5042	20 ,75	20 ,7	1,7115	2,9293	4 10	3 55	1,5979	2,5532
3	70,5625	12,3625	1,4440	4,1555	27 ,2	27 ,15	2,3228	5,3957	5 28	5 13	2,1337	4,5950
4	66,2875	16,6375	1,9434	5,5924	31 ,6	31 ,55	2,7811	7,7343	6 30	6 15	2,5467	6,4859

Fünfter Versuch. Der durch die Sinusbussole geleitete Strom wurde von zwei weiter von einander entfernten Punkten der Kette abgezweigt, um gröfsere Ablenkungen zu erhalten. Es ergab sich aber, dafs die Entfernung der Punkte, von welchen der Zweigstrom abgeleitet wurde, zu grofs war, um die gröfseren Stromstärken mit der Sinusbussole beobachten zu können. Auch bei diesem Versuche wurde ich wieder durch Hrn. Schiedswardein Fritzsche unterstützt. Wir erhielten

	Ruhelage.	Tangentenbussole.	Sinusbussole.
Ohne Strom	84,975	0°,0	0° 0'
1 Element	82,850	13 ,0	24 44
2 Elemente	78,225	20 ,8	49 30
3 »	73,775	26 ,0	nicht zu beobach.
4 »	68,8125	30 ,2	ebenso
3 »	73,725	24 ,9	79° 24'
2 »	78,525	19 ,2	45 26
1 Element	82,475	11 ,8	24 9
Ohne Strom	84,700	0 ,8	0 20

Also im Mittel:

Anzahl der Elemente.	Ruhelage.	Abstofsung.			Stromstärke.							
					Tangentenbussole.				Sinusbussole.			
					Ablenkung		Verhältnifs		Ablenkung		Verhältnifs	
		Scalentheile.	Millimeter.	Verhältnifs.	beob.	corr.	einfach	Quadr.	beob.	corr.	einfach	Quadr.
0	84,8375	0	0	0	0°,4	0°,0	0	0	0° 10′	0° 0′	0	0
1	82,6625	2,1750	0,2541	1	12 ,4	12 ,0	1	1	24 26,5	24 16,5	1	1
2	78,3750	6,4625	0,7549	2,9713	20 ,0	19 ,6	1,6752	2,8064	47 33	47 23	1,7900	3,2041
3	73,7500	11,0875	1,2951	5,0977	25 ,05	24 ,65	2,1988	4,8347	79 14	79 4	2,3896	5,7101
4	68,8125	16,0250	1,8717	7,3678	29 ,8	29 ,4	2,6944	7,2596	—	—	—	—

Sechster Versuch. Die Entfernung der Punkte der Kette, von welchen der Strom der Sinusbussole abgezweigt wurde, war geringer, als beim fünften, aber immer noch bedeutend gröfser, als beim dritten und vierten Versuche. Beobachtet wurde:

	Ruhelage.	Tangentenbussole.	Sinusbussole.
Ohne Strom	80,1625	0°,0	0° 0'
1 Element	77,100	11 ,6	15 10
2 Elemente	72,300	20 ,0	27 17
3 »	67,925	25 ,0	36 18
4 »	64,275	28 ,2	42 52
3 »	69,800	23 ,3	33 28
2 »	93,775	18 ,3	25 9
1 Element	76,675	11 ,0	14 45
Ohne Strom	78,225	0 ,0	0 10

Im Mittel daher:

Anzahl der Elemente.	Ruhelage.	Abstofsung.			Stromstärke.							
					Tangentenbussole.				Sinusbussole.			
					Ablenkung		Verhältnifs		Ablenkung		Verhältnifs.	
		Scalentheile.	Millimeter.	Verhältnifs.	beob.	corr.	einfach	Quadr.	beob.	corr.	einfach	Quadr.
0	79,1937	0	0	0	0°,0	0°,0	0	0	0° 5′	0° 0′	0	0
1	76,8825	2,3112	0,2700	1	11 ,3	11 ,3	1	1	14 57,5	14 52,5	1	1
2	73,0375	6,1562	0,7191	2,6636	19 ,15	19 ,15	1,7378	3,0202	26 13	26 8	1,7118	2,9439
3	68,8625	10,3312	1,2067	4,4700	24 ,15	24 ,15	2,2439	5,0350	34 53	34 48	2,2232	4,9425
4	64,2750	14,9187	1,7426	6,4550	28 ,2	28 ,2	2,6834	7,2006	42 52	42 47	2,6459	7,0007

Die Beobachtungen zeigen sämmtlich, dafs die Abstofsungen in weit gröfserem Verhältnisse als die Stromstärken wachsen, und ihr Verhältnifs nicht viel von dem des Quadrates der letzteren entfernt ist, dasselbe jedoch im Durchschnitt nicht ganz erreicht, was sich aus der mit der Abstofsung wachsenden Entfernung erklärt, so dafs man wohl anzunehmen berechtigt ist, die diamagnetische Abstofsung verhalte sich wie das Quadrat der sie hervorbringenden Magnetintensitäten, und sey daher die Folge einer durch Influenz in dem diamagnetischen Körper hervorgerufenen magnetischen Polarität.

VIII. *Ueber den Völknerit (Hydrotalkit) von Snarum; von C. Rammelsberg.*

Hochstetter beschrieb und untersuchte zuerst [1]) als *Hydrotalkit* ein Mineral von Snarum in Norwegen, welches mit dem Talk eine gewisse Aehnlichkeit besitzt, weifs, blättrig, perlmutterglänzend, durchscheinend, biegsam, sich fettig anfühlend. Er fand darin Talkerde, Thonerde, Eisenoxyd, Kohlensäure und Wasser, aber keine Kieselsäure, und gab ihm auf G. Rose's Vorschlag die Formel $(3\dot{M}g^2\ddot{C} + 2\dot{M}g^3\dddot{A}l) + 24 aq.$

Später fand Hermann [2]) in dem Talkschiefer der Schischimskaja Gora am Ural, welcher Chlorit (Leuchtenbergit), Talkapatit, Xanthophyllit, Chlorospinell, Perowskit und Hydrargillit führt, als Seltenheit ein neues Mineral, welches er *Völknerit* genannt hat. Dasselbe erscheint als ein Aggregat weifser, perlmutterglänzender Blättchen, welche mit Krystallen von Magneteisen gemengt sind, und bildet zuweilen selbst kurze reguläre sechsseitige Prismen mit gerader

1) Journ. für pract. Chem. Bd. 27, S. 376.
2) A. a. O. Bd. 40, S. 12.

Endfläche, nach welcher sie sehr vollkommen spaltbar sind. Das Mineral ist wenig biegsam und zerspringt leicht nach den Spaltungsrichtungen; sein spec. Gew. ist =2,04. Hermann fand darin dieselben Bestandtheile, wie Hochstetter im Hydrotalkit, jedoch kein Eisen. Indem er die Kohlensäure als unwesentlich und erst aus der Luft angezogen in Abzug brachte, (das Mineral zeigt mit Säuren ein ungleichmäfsiges Brausen), gab er die Formel $\dot{M}g^6 \dddot{A}l + 15aq$ oder $6\dot{M}g\dot{H}^2 + \dddot{A}l\dot{H}^3$, welche eine Verbindung von Magnesiahydrat und Thonerdehydrat (Hydrargillit) darstellt.

Später hat Hermann die Ansicht ausgesprochen [1]), beide Mineralien seyen identisch, nur habe der Hydrotalkit bereits mehr Kohlensäure aufgenommen, und für jedes Atom derselben 3 At. Wasser verloren.

Durch Hrn. Dr. Krantz in Bonn erhielt ich eine gröfsere Menge reinen weifsen Hydrotalkits von Snarum, welcher im Serpentin eingewachsen, und nur hie und da von Titaneisen begleitet ist. Seine äufsere Beschaffenheit stimmt im Ganzen mit der Beschreibung Hochstetter's überein; die Massen sind zum Theil krummblättrig, zertheilen sich beim Zerschlagen in parallele Fasern, und sind nicht so biegsam, dafs sie sich nicht, wenn auch mit einiger Schwierigkeit, pulvern liefsen. Das spec. Gew. fand ich =2,091.

Alle Fragmente zeigen einen Gehalt an Kohlensäure. Die Auflösung in Säuren geht leicht von Statten, und ist frei von Eisen. Selbst nach starkem Glühen, wodurch Wasser und Kohlensäure vollständig entfernt werden, ist das gepulverte Mineral in Chlorwasserstoffsäure, jedoch erst beim Erwärmen, auflöslich.

Bei der Analyse wurde ein Theil geglüht. Ein anderer wurde in dem Geifsler'schen Apparate durch verdünnte Schwefelsäure zerlegt, und die Menge der Kohlensäure dadurch bestimmt. Die Auflösung wurde sodann zur Bestimmung der Thonerde und Talkerde benutzt.

Die Trennung dieser beiden Erden gelingt nach meiner

1) A. a. O. Bd. 46, S. 237.

Erfahrung niemals, wenn man nach Zusatz von Salmiak die Thonerde durch Ammoniumsulfhydrat fällt. Sie enthält dann oft noch bedeutende Mengen Talkerde. Sehr gute Resultate giebt aber das zweifach kohlensaure Kali, welches man der sauren Auflösung beider Erden zusetzt. Ich habe die so geschiedene Thonerde nach dem Glühen und Wägen immer mit einem Gemenge von kohlensaurem Natron und Kalihydrat geschmolzen, den geringen Rückstand, der beim Auflösen in Wasser blieb, näher untersucht, und dadurch noch ein wenig Talkerde erhalten.

Folgende Resultate wurden erhalten:

	1.	2.	3.	4.		Hochst
Kohlensäure	2,61	6,05	7,32	7,30		10,54
Talkerde	37,27	38,18	37,30	37,04		36,30
Thonerde	19,25	17,78	18,00	18,87		12,00
Wasser	41,59	(37,99)	(37,38)	37,38		32,66
	100,72.	100.	100.	100,59.	Fe	6,90
					Rückstand	1,20
						99,60.

Die wechselnde Menge der Kohlensäure setzt es aufser Zweifel, dafs ein Talkerdecarbonat, und zwar ohne Frage ein basisches wasserhaltiges, beigemengt sey.

In dem Völknerit fand Hermann:

Kohlensäure	3,92
Talkerde	37,08
Thonerde	16,96
Wasser	42,04
	100.

So viel steht zunächst fest, dafs beide Substanzen, für welche der ältere Name Hydrotalkit ganz unpassend ist, identisch sind.

Es ist nur die Frage: Soll man die Constitution des Minerals *nach Abzug* eines Talkerdehydrocarbonats feststellen, oder mit Hermann annehmen, die Kohlensäure sey erst später hinzugekommen?

Im ersten Fall wird man immer zweifelhaft seyn, welcher Art das beigemengte Carbonat sey, denn man kann

nicht entscheiden, ob es Hydromagnesit $\dot{M}g^4 \ddot{C}^3 + 3aq$ oder eine andere ähnliche Verbindung ist. Ueberdiefs hat es viel Wahrscheinliches, dafs der Völknerit, der vielleicht seine Entstehung dem Spinell verdankt, aus dem er neben dem Hydrargillit entstanden seyn mag, später durch kohlensäurehaltiges Wasser angegriffen wurde. Jedenfalls ist diefs sehr langsam erfolgt, denn wenn man ihn gepulvert, etwa 8 Tage in einer feuchten Atmosphäre von Kohlensäure stehen läfst, so vermehrt sich sein Gewicht nur um 1,3 Proc., und diefs ist hauptsächlich Wasser, da die Menge der Kohlensäure, wie die Prüfung vorher und nachher darthat, nicht um 0,1 Proc. gestiegen war.

Man thut also wohl am besten, wenn man, wie es Hermann gethan hat, die Kohlensäure des neu entstandenen Carbonats gar nicht in Betracht zieht. Alsdann ist der Sauerstoff von

	$\dddot{A}l$: $\dot{M}g$: $\dot{H}$	
in 1	= 8,99 : 14,91 : 36,97	= 3 : 5,0 : 12,3
2	= 8,31 : 15,27 : 33,78	= 3 : 5,5 : 12,2
3	= 8,40 : 14,92 : 32,23	= 3 : 5,3 : 11,9
4	= 8,81 : 14,81 : 33,23	= 3 : 5,0 : 11,3
bei Hermann	= 7,92 : 14,83 : 37,37	= 3 : 5,6 : 14,1

Hermann hat das Sauerstoffverhältnifs = 3 : 6 : 15 genommen. Das Mittel meiner Analysen ist 3 : 5,2 : 11,9, wofür ich 3 : 5 : 12 setze. Danach kann man sich den Völknerit als $\dot{M}g\dddot{A}l + 4\dot{M}g\dot{H}^3$ oder als $\dddot{A}l\dot{H}^3 + 5\dot{M}g\dot{H}^2$ denken, wenn man im letzteren Fall ein Atom Wasser mehr annimmt. Die Berechnung giebt für

	$\dot{M}g\dddot{A}l + 4\dot{M}g\dot{H}^3$.	$\dddot{A}l\dot{H}^3 + 5\dot{M}g\dot{H}^2$.	$\dddot{A}l\dot{H}^3 + 6\dot{M}g\dot{H}^2$. (Hermann's Formel.)
Talkerde	38,56	37,27	39,17
Thonerde	19,80	19,14	16,77
Wasser	41,64	43,59	44,06
	100.	100.	100.

Die Analysen gaben aber, nach Abzug der Kohlensäure:

	1.	2.	3.	4.	Hermann.
Talkerde	38,27	40,64	40,25	40,00	38,59
Thonerde	19,75	18,92	19,42	20,35	17,65
Wasser	42,70	40,44	40,33	40,24	43,76
	100,72.	100.	100.	100,59.	100.

IX. *Ueber den sogenannten Steatit; von C. Rammelsberg.*

Mit dem Völknerit kommt an beiden Fundorten ein derbes Mineral vor, welches gewöhnlich als *Steatit* bezeichnet wird, obwohl es auch bald für Talk, bald für Glimmer gehalten wurde. Es ist grau oder grünlich gefärbt, fettig anzufühlen, sehr zähe, ohne deutliche Structur. Nach Hermann hat es ein spec. Gew. = 2,50, und bildet Pseudomorphosen von Granat und Epidot (?).

Die vorhandenen Analysen [1]) sind:

	Steatit von Snarum.		Vom Ural.	
	a.	*b.*		
	Hochstetter.	Giwartowsky.		Hermann.
Kieselsäure	32,03	30,2		25,60
Thonerde	12,52	13,2		22,21
Eisenoxyd	4,48	3,1		5,00
Talkerde	37,52	37,9		30,96
Wasser	16,19	17,0		13,43
	102,74.	101,4.	Beimeng.	2,25
				99,45.

Ich erhielt als *Glimmer* von Snarum ein Mineral von grünlicher Farbe und blättrigem Gefüge, welches bei der Analyse

1) S. Völknerit.

		Sauerstoff.	
Kieselsäure	34,88		18,12
Thonerde	12,48	5,83	7,57
Eisenoxyd	5,81	1,74	
Talkerde	34,02		13,37
Wasser	13,68		12,16
	100,87		

lieferte, wonach es mit dem Steatit identisch zu seyn scheint.

Nach Hermann's Analyse sind die Sauerstoffmengen der Bestandtheile einander nahe gleich, nach der meinigen verhalten sie sich eher wie 3 : 1 : 2 : 2. Der Steatit vom Ural wäre demnach ($\dot{Mg}^6 \dddot{Si} + \dddot{Al}^2 \dddot{Si}$) + 6 aq oder ($\dot{Mg}^3 \dddot{Si}^2 + \dot{Mg}^3 \dddot{Al}^2$) + 6 aq, der norwegische dagegen ($2 \dot{Mg}^3 \dddot{Si} + \dddot{Al} \dddot{Si}$) + 6 aq. Diefs ist dieselbe Formel, zu welcher Hartwall's Analyse des Kämmererits von Bissersk führt.

X. *Ueber den Boronatrocalcit aus Südamerika; von C. Rammelsberg.*

Seit einiger Zeit kommt ein Mineral aus der Gegend von Iquique in Ober-Peru, nahe dem Fundort des Natronsalpeters, in gröfserer Menge in den Handel, welches durch seine Zusammensetzung interessant ist. Es bildet gröfsere oder kleinere rundliche Knollen, mit einer gelbgrauen Erde bekleidet, im Innern aus einem Aggregat feiner seidenglänzender Nadeln bestehend, in welchen sich zuweilen gelbliche Krystalle von Glauberit ($\dot{Na} \dddot{S} + \dot{Ca} \dddot{S}$) finden. Sonst aber ist die Substanz ganz rein und homogen.

In kochendem Wasser löst sich das Pulver schwierig auf; die Auflösung reagirt alkalisch. In Säuren ist es schon in der Kälte löslich.

a) 0,502, in Salpetersäure aufgelöst, gaben 0,039 Chlorsilber = 0,00964 Chlor.

0,488, in Chlorwasserstoffsäure aufgelöst, lieferten 0,013 schwefelsauren Baryt = 0,00446 Schwefelsäure.

2,402 wurden mit einem Gemisch von Schwefelsäure und Fluorwasserstoffsäure behandelt. Beim Ausziehen der schwach geglühten Masse blieben 0,617 schwefelsaurer Kalk zurück. Aus der mit Ammoniak übersättigten Flüssigkeit schlug Oxalsäure den Rest des Kalks = 0,084 kohlensauren Kalk nieder. Beide Salze entsprechen 0,30167 Kalk. Das Filtrat hinterliefs 0,462 schwefelsaure Alkalien, aus denen 0,1 Kaliumplatinchlorid = 0,0193 Kali und 0,426 schwefelsaures Natron = 0,18644 Natron erhalten wurden.

1,895 wurden mit einer gewogenen Menge Bleioxyd geschmolzen, wobei sie 0,652 Wasser verloren.

b) 3,383 gaben bei wiederholter Behandlung mit Fluorwasserstoffsäure und Schwefelsäure u. s. w. 0,787 schwefelsauren und 0,17 kohlensauren Kalk = 0,42606 Kalk (incl. 0,006 Kalk, aus den Alkalien abgeschieden). Die Menge des schwefelsauren Natrons (Kalis) betrug 0,74.

c) 1,819, in Chlorwasserstoffsäure aufgelöst, gab mit Ammoniak und Oxalsäure 0,427 kohlensauren Kalk = 0,2396 Kalk.

Aufser den angeführten Bestandtheilen und einer beträchtlichen Menge Borsäure liefs sich eine andere Substanz nicht auffinden.

Das Mineral enthält folglich:

	a.	*b.*	*c.*
Borsäure			
Chlor	1,92		
Schwefelsäure	0,91		
Kalkerde	12,56	12,59	13,17
Natron	7,76	9,57 (Natron + Kali)	
Kali	0,80		
Wasser	34,40		

Oder

Chlornatrium	3,17	
Schwefels. Natron	0,41	
Schwefels. Kalk	0,39	
Borsäure	41,82	= 43,70
Kalkerde	12,61	13,13
Natron	6,40	6,67
Kali	0,80	0,83
Wasser	34,40	35,67
	100.	100.

Da der Sauerstoff vom Natron (Kali) und vom Kalk = 1 : 2, der der Säure gleich dem des Wassers und zugleich das 9fache von dem des Kalks ist, so besteht das Mineral aus 1 At. Natron, 2 At. Kalk, 6 At. Borsäure und 18 At. Wasser, und mufs als eine Verbindung von 1 At. zweifach borsauren Natrons, 2 At. zweifach borsauren Kalks und 18 At. Wasser betrachtet werden.

Die Formel

$$(\dot{Na}\dddot{B}^2 + 2\dot{Ca}\dddot{B}^2) + 18aq$$

verlangt

6	At.	Borsäure	= 2617,2	= 45,63
2	»	Kalkerde	= 703,3	= 12,26
1	»	Natron	= 389,7	= 6,79
18	»	Wasser	= 2025,0	= 35,32
			5735,2	100.

Frühere Analysen von Ulex und Dick haben zu minder einfachen Formeln geführt.

Schon früher hat Hayes ein Mineral von demselben Fundort beschrieben, welches den Namen Tiza führt, auch wohl Hayesin genannt wird. Seine Eigenschaften stimmen vollkommen mit denen des Boronatrocalcits überein, doch ist es nach Hayes $\dot{Ca}\dddot{B}^2 + 6aq$, also *Borocalcit*, und enthält kein Natron. Nach Bechi soll es auch als Inkrustation an den Borsäurelagunen Toskanas vorkommen.

XI. *Ueber die Einwirkung des Lichtes auf Chlorwasser; von W. C. Wittwer.*

Im Aprilhefte 1855 dieser Annalen habe ich unter oben stehendem Titel eine Arbeit veröffentlicht, welche von den HH. Dr. Bunsen und Dr. Roscoe in einer im Novemberhefte befindlichen Abhandlung in einer Weise angegriffen wurde, dafs ich unmöglich dazu schweigen kann.

Der Zweck, den ich bei meinen Untersuchungen vorzugsweise im Auge hatte, war, ein Mittel zu gewinnen, womit man im Stande wäre, die jeweilige Helligkeit für einen gegebenen Zeitraum zu bestimmen. Ein solches Mittel giebt es meines Wissens zur Zeit noch nicht, denn die bisherigen Photometer, die nach Wachs- oder Stearinkerzen 6 oder 8 aufs Pfund messen, können sich wohl in einigen Fällen der Technik, kaum aber in der Wissenschaft Geltung verschaffen. Wenn man sich an die Lösung einer ganz neuen Aufgabe macht, so wird wohl kein billig denkender Mensch erwarten, dafs alsbald etwas ganz Vollendetes zum Vorschein kommen werde; aber es ist eine allbekannte Thatsache, dafs sowie irgendwo einmal der Anfang gemacht ist, die Verbesserungen alsbald nachfolgen. Wie sehr unterscheiden sich die ersten Dampfmaschinen von den gegenwärtigen? Wie weit stehen die ersten Thermometer von den jetzigen ab? Man versteht es heutzutage ganz gut, die Wärme zu messen; aber das Licht ist in der Natur kaum geringer zu achten als die Wärme, und ich habe es daher für einen grofsen Mangel gehalten, dafs wir zur Zeit nicht im Stande sind, dasselbe zu messen, und hat sich der Erfinder des Thermometers, trotz der Unvollkommenheiten der ersten Instrumente, den Dank der Naturforscher verdient, so wird es auch nicht unrühmlich seyn, ein Mittel anzugeben, mit dem man das Licht bestimmen kann, wenn auch am Anfange noch allerlei daran fehlt, denn annähernde Messungen sind noch immer besser als gar keine.

Von dieser Ansicht ausgehend habe ich meine Abhandlung veröffentlicht, habe aber zugleich ausdrücklich (S. 608) bemerkt, dafs meine Resultate auf grofse Genauigkeit keinen Anspruch machen können, und wenn daher die HH. Bunsen und Roscoe sie mit dem Titel »Fundamentalversuche« (S. 388) beehren, so ist das etwas, was ich nicht beansprucht habe; ich kann aber auch darum offenbar nicht dafür verantwortlich gemacht werden, wenn meine Versuche den nun an sie gestellten höheren Anforderungen nicht genügen. Die beiden Herren haben aber meine Arbeit vollkommen verdammt, was ich meinerseits doch nicht zugeben kann, wefshalb ich im Nachfolgenden meine Einwendungen machen mufs. Um Fundamentalversuche über die Wirkung des Lichtes auf Chlorwasser anzustellen, ist jetzt leider keine Zeit, denn ein Theil derselben läfst sich im Winter nicht anstellen, wie ich bereits früher angegeben, habe und ich mufs mich daher für jetzt darauf beschränken zu zeigen, dafs die Bunsen-Roscoe'schen Versuche die meinigen nicht nur nicht widerlegen, sondern sogar eher bestätigen. Ich will für jetzt nur nachweisen, dafs meine bisherigen Resultate auch nach den Versuchen der HH. Bunsen und Roscoe stehen bleiben, und bedinge mir nur aus, dafs die Sätze, die die beiden Herren als *gegen mich* geltend erachtet haben, nöthigenfalls auch *für mich* sprechen sollen, und dafs ich nicht mehr zu vertheidigen habe, als ich in meiner Schrift angab. Unter diesen Voraussetzungen glaube ich mit dem Inhalte der beiden Abhandlungen auszureichen.

Die HH. Bunsen und Roscoe werfen mir vor, dafs ich bei meiner Chlorwasserbestimmung eine Methode befolgt habe, bei der vermöge der unvermeidlichen Diffusion des Chlors im Durchschnitte 9 Procente desselben verloren gehen, wefshalb an meinen Messungen ein Fehler von 9 Procenten hafte, und sie geben zur Bekräftigung dieses Ausspruches folgende Tabelle, bei der die erste Columne den wirklichen Gehalt an Chlor pro Mille, die zweite den durch meine Messung angegebenen, die dritte den bei der letzteren stattgehabten Procentverlust angiebt.

I.	II.	III.
1,945	1,789	8,0
1,792	1,633	8,9
1,738	1,635	11,1
1,733	1,601	7,4

Sehen wir nun, wie grofs mein Fehler sey! Bei Vergleichung beider Schriften wird man alsbald sehen, dafs es sich hier nicht um die Bestimmung der absoluten Stärke eines Chlorwassers handelt, sondern um das gegenseitige Verhältnifs zweier oder mehrerer zu einander. Nehmen wir nun an, es seyen die beiden obersten Chlorwässer zu bestimmen, so ergiebt sich *a*) wirkliches Verhältnifs = $\frac{1,915}{1,792}$ = 1,085, *b*) Verhältnifs nach meiner Bestimmung = $\frac{1,789}{1,633}$ = 1,096; also beträgt der Fehler 1,0 nicht 9 Procente. Weniger günstig gestaltet sich das Verhältnifs bei der Zusammenstellung aller übrigen Beobachtungen, denn der Fehler beträgt alsdann 1,6 Procente.

Aus den Bunsen-Roscoe'schen Versuchen geht also keine gröfsere Ungenauigkeit der meinigen hervor, als ich selbst angenommen habe.

Bezüglich der Einwirkung des Lichtes auf Chlorwasser, das freie Salzsäure enthält, haben sich die HH. Bunsen und Roscoe viele Mühe gegeben, haben aber dabei übersehen, dafs sie im nämlichen Augenblicke denselben Fehler machten, den sie mir vorwerfen. Nach ihnen lehrt die alltägliche Erfahrung in der Chemie, dafs die Verwandtschaft als die Resultante der Anziehungen betrachtet werden mufs, welche nicht nur von den sich verbindenden, sondern zugleich von sämmtlichen die chemische Action zunächst umgebenden Moleculen ausgeht und dafs mit der relativen Menge und substantiellen Verschiedenheit dieser Molecule die Gröfse der chemischen Anziehung nach uns noch völlig unbekannten Gesetzen veränderlich ist. Meine HH. Gegner nehmen in meiner Schrift zunächst daran Anstofs, dafs ich angab, man könne Chlorwasser auch aus Chlorkalk und Salzsäure machen. Hier enthält also das Chlorwasser Chlor-

calcium, das wohl anders wirkt als freie Salzsäure, und wenn auch etwas freie Salzsäure sich vorfindet, so mufs nach dem eigenen Anspruche der beiden Herren vermöge der Anwesenheit des Kalkes die Wirkung eine ganz andere seyn, als wenn kein Kalk da wäre. Ich kann darum, weil sich unter den Bunsen-Roscoe'schen Versuchen nicht ein einziger befindet, der mit Chlorcalcium angestellt ist, dieselben nur als eine Fortsetzung, nicht aber als eine Widerlegung der meinigen betrachten. Bestreiten die HH. Bunsen und Roscoe die gleichmäfsige Wirkung von Licht auf salzsäurefreies Chlorwasser und auf solches, in welchem durch Insolation Salzsäure gebildet wurde, so kann ich schlechterdings nicht einsehen, wie in einem Chlorwasser, das ursprünglich höchstens 4 pro Mille Chlor enthielt, nach der Insolation 10 Procente Salzsäure seyn sollen. Im Nachfolgenden werde ich aus den eigenen Versuchen der HH. Bunsen und Roscoe nachweisen, dafs eine Einwirkung der geringen Menge durch Insolation gebildeter freier Salzsäure sich nicht bemerken läfst.

Es wird ferner der von mir ausgesprochene Satz bestritten, dafs bei gleicher Beleuchtung die gebildete Salzsäure der Stärke des Chlorwassers proportional sey.

Hier mufs ich vorerst bemerken, dafs ich in meiner ersten Abhandlung ausdrücklich angegeben habe, dafs wenn die Menge des Chlors unter 1 pro Mille des Wassers fällt, meine Versuchsmethode keine genauen Resultate mehr giebt, und ich bin darum in meinen Versuchen nur zweimal und auch da nur wenig über die gesteckte Gränze herabgegangen. Die Verhältnisse, die bei schwachem Chlorwasser eintreten, habe ich also nicht untersucht, und wenn nun gefunden wird, dafs diese anders sind, als wenn die Chlorwasserstärke über 1 beträgt, so kann mir darum kein Vorwurf gemacht werden, weil ich hiefür ausdrücklich keine Verbindlichkeiten übernommen habe.

Die Versuche über den fraglichen Satz sind von zweierlei Art; man kann nämlich Chlorwasser von verschiedener Stärke gleiche Zeit, oder gleiche Chlorwässer verschiedene

Zeit dem Lichte aussetzen. Halten wir die Bunsen-Roscoe'schen Resultate der ersten Art mit den meinigen zusammen, so zeigt sich, dafs sie sich darum nicht vergleichen lassen, weil bei ersteren stets das schwächere Chlorwasser nach der Insolation weit unter meiner Gränze war. Will man aber, weil unter meinen Versuchen zwei sind, die wenn auch nicht viel, doch unter die Stärke 1 gehen, auch zwei von den Bunsen-Roscoe'schen nehmen, so müssen wir als die am meisten ähnlichen die ersten zwei nehmen, weil bei ihnen allein die Stärke des insolirten Chlorwassers noch über 0,5 betrug. Leider widersprechen aber gerade diese zwei Versuche sich selbst, denn das eine Mal verliert das stärkere, das andere Mal das schwächere Wasser weniger Chlorprocente. Eine Vergleichung läfst sich also hier nicht durchführen. Wollte man ebenfalls annehmen, dafs bei zwei von einander abweichenden Versuchen die Wahrheit in der Mitte liege, so käme man auf ein Resultat, das fast ganz mit dem übereinstimmt, das ich bei stärkerem Chlorwasser gefunden habe; doch bin ich weit entfernt, diese Uebereinstimmung als Bestätigung meiner Resultate anzusprechen. In Tabelle 13 findet sich, dafs das ursprünglich stärkere Chlorwasser nach der Insolation schwächer ist als das ursprünglich schwächere, welches Resultat wohl kaum in der Natur begründet ist, und eben nicht sehr zu Gunsten der Genauigkeit der Bunsen-Roscoe'schen Versuche sprechen dürfte. Hält man die Versuche der zweiten Art, die die HH. Bunsen und Roscoe einerseits, und ich andererseits angestellt haben, zusammen, so finden wir bei ersteren eine Reihe von drei Versuchen, bei welchen die Chlorwasserstärke nicht unter 1 kam, welche also mit den meinigen sich vergleichen lassen. Die Gläser waren 1-, 2- und 3mal 18 Minuten dem Lichte ausgesetzt. Die Werthe von J sind pro Minute bezüglich 0,0130, 0,0125 und 0,0142, und wenn wir hieraus nach der in meiner Abhandlung eingeschlagenen Methode das Mittel ziehen, so ist $J = \frac{1}{6}(0{,}0130 + 2 . 0{,}0125 + 3 . 0{,}0142) = 0{,}0134$. Die Abweichungen in Procenten

des mittleren Werthes ausgedrückt sind —3,0, —6,7 und +6,0, was also zu meiner Formel fast so gut pafst, als meine eigenen Versuche; denn bei diesen geht ein Fehler über 10 Procente, wenn auch die übrigen bedeutend kleiner sind, und die HH. Bunsen und Roscoe hätten bei der Uebereinstimmung ihrer eigenen Resultate mit den meinigen gar nicht nothwendig gehabt, zur Conjecturalkritik ihre Zuflucht zu nehmen, da sich zudem gar nicht einsehen läfst, wo die 40 Procente, um die meine Versuche fehlerhaft seyn sollen, herkommen, indem die beiden Herren selbst die Fehler nur zu 9 Proc. bestimmt haben. Lassen sich auch die Versuche, die ich mit verschieden starken Chlorwässern angestellt habe, aus dem oben angeführten Grunde mit den Bunsen-Roscoe'schen nicht zusammenstellen, so erhalten sie doch durch diejenigen Gewicht, welche beide Herren mit Chlorwasser machten, das ungleich lange dem Lichte ausgesetzt war, denn die zwei Arten von Versuchen hängen unmittelbar mit einander zusammen.

Als Gröfse von J pro Minute haben die HH. Bunsen und Roscoe erhalten 0,0134; meine Messungen gaben $J = 0{,}0113$. Ueber die Uebereinstimmung beider Resultate läfst sich freilich nichts sagen, denn die einen Versuche wurden in Heidelberg wahrscheinlich Ende Julis oder am Anfange des August angestellt, die anderen in dem fast um 2° südlicher gelegenen Oberdorf bei Kaufbeuren Mitte Septembers und in 2200 Fufs Meereshöhe; doch glaube ich, dafs die beiden Resultate nicht so ganz unvereinbar sind.

Untersuchen wir die Resultate des Bunsen-Roscoe'schen Versuches No. 15 in Bezug auf die Wirkung des Lichtes bei schwachem Chlorwasser, das unter meiner Versuchsgränze ist, so zeigt sich, dafs J wächst, dafs das Chlorwasser also nicht schwächer als 1 werden darf; doch widerlegt dieses meine Versuche nicht. Da hier das vorher starke Chlorwasser bei längerer Insolation mehr Salzsäure enthielt als das nach kürzerer Insolation untersuchte, so hätte nach der Annahme der HH. Bunsen und Roscoe das J statt gröfser kleiner werden müssen. Die Wirkung der wenigen

durch Insolation gebildeten Salzsäure ist also nicht hinreichend, um die Verbindung des Chlors mit dem Wasserstoffe des Wassers merklich zu verhindern.

Fassen wir die Ergebnisse der vorhergehenden Betrachtungen zusammen, so glaube ich folgende Schlüsse daraus ziehen zu können.

1) Die bei der photochemischen Zersetzung des Chlorwassers gebildeten Producte üben nach den Bunsen-Roscoe'schen Versuchen *keine bemerkbare* Rückwirkung auf die Gröfse der ursprünglichen Verwandtschaft des Chlors aus.

2) Meine Beweise für den Satz, dafs innerhalb der Stärken 4 und 1 des Chlorwassers die wasserzersetzende Wirkung des Chlors der Dauer, der Intensität der Bestrahlung und der Stärke des Chlorwassers proportional sey, haben durch die *gütige* Mitwirkung der HH. Bunsen und Roscoe einen sehr erfreulichen Zuwachs erlangt.

Was die Anwendung des Chlorwassers als photometrische Substanz anbelangt, so bin ich ganz entschieden der Ansicht, dafs dasselbe sehr viel zu wünschen übrig läfst; allein es war mir weder zur Zeit, als ich meine Abhandlung veröffentlichte, noch ist mir jetzt ein anderes Mittel bekannt, welches das Chlorwasser zu ersetzen im Stande wäre, und bis ein solches gefunden wird, bleibt nach dem alten Sprüchworte unter Blinden der Einäugige König.

XII. *Mittheilungen über einige besondere Exemplare des Calcit; von Adolf Kenngott in Wien.*

Obgleich schon sehr viele Einzelnheiten bekannt sind, welche der Calcit, begünstigt durch seine ungemeine Verbreitung, durch seine Mannigfaltigkeit der Gestaltverhält-

nisse u. s. w. darbietet, so finden sich doch immer Exemplare vor, die einer Erwähnung werth erscheinen, und die Sammlungen des hiesigen k. k. Hof-Mineralien-Kabinets enthalten dazu reichliches Material. — Die nachfolgenden näher beschriebenen Stücke sind ohne weiteren Zusammenhang ausgewählt worden.

1. Calcit von Freiberg in Sachsen.

Die Krystallgruppirungen, welche zum Theil streng mathematische, zum Theil mehr zufällige sind, klären häufig besondere Verhältnisse der Krystalle und der mineralogischen Gestalten überhaupt auf, wenn man sie namentlich in allen Graden der Ausbildung verfolgen kann. So giebt das hier vorliegende Exemplar den schönsten Beweis, wie man die sogenannten zähnigen, draht- und haarförmigen Gestalten bei Gold, Silber u. a. richtig erklärt, obgleich das Mineral selbst nicht zu denen gehört, die derartige Gestalten aufweisen.

Auf einem mittelgrofsen Schaustück der Hauptsammlung erheben sich über eine mit kleinen Calcitkrystallen dicht besetzte Fläche zwei bogenförmige Gebilde von der Gröfse und dem beiläufigen Aussehen, wie Fig. 40 Taf. III angiebt, welche den ersten Eindruck des Aussehens vergegenwärtigen soll. Die bogenförmigen, unvollkommen cylindrischen Gebilde sind, wie in der Figur angedeutet ist, aus parallel geordneten Stengeln und diese aus linear geordneten Krystallen zusammengesetzt.

Mohs erklärte die Bildung der zähnigen, draht- und haarförmigen Gestalten ganz richtig, wenn er (Seite 266, Bd. I der Anfangsgründe der Naturgeschichte des Mineralreichs) sagt: » Die zähnigen, draht- und haarförmigen Gestalten entstehen, wenn ein aufgewachsener Krystall die Unterstützung eines zweiten, dieser eines dritten u. s. f. wird, so dafs eine Reihe solcher Krystalle sich bildet, wie man sie mit allerlei Biegungen und Krümmungen oft am hexaëdrischen Silber, am octaëdrischen Kupfer, auch am octaëdrischen Eisen, an diesem indessen nicht freistehend,

findet. Wenn diese Krystalle gleichsam zusammenfliefsen, d. i. so innig mit einander verbunden sind, dafs man sie nicht mehr von einander unterscheiden kann, so werden die angeführten Gestalten daraus, welche an den genannten Mineralien am gewöhnlichsten sich finden.«

An dem vorliegenden Stücke kann man die vollkommene Richtigkeit dieser Erklärung sehen und im Grofsen den Gang verfolgen, wie derartige Gebilde durch die Gruppirung hervorgehen. Auf einer gemeinsamen Unterlage, körnigem bis dichtem Kalkstein, die mit einem dünnen Ueberzuge kuglig-nierenförmigen Markasits versehen ist, setzte sich Calcit in kleinen Krystallen ab. Dieselben sind scharf ausgebildet und stellen die Combination $\frac{1}{2}R' . \infty R$ dar (Fig. 37) mit mäfsigem Wechsel in der relativen Ausdehnung der beiderlei Flächen, blafsgelblich, wasserfarben bis weifs, durchsichtig bis halbdurchsichtig, glänzend. Im Allgemeinen sind diese Krystalle an Gröfse nicht sehr verschieden, gewöhnlich 2 bis 3 Millimeter im Durchmesser, doch auch von 1 bis 5 Millimeter; sie sind unregelmäfsig über die gemeinsame Unterlage verbreitet und dichtgedrängt auf- und übereinander gewachsen. Inmitten derselben erheben sich die zwei bogenförmigen Gebilde, wie sie Fig. 40 andeuten soll. Diese bildeten sich, wie man auf das klarste sehen kann, dadurch, dafs auf eine Parthie nebeneinander liegender aufgewachsener Krystalle sich andere aufsetzten, mit Beibehaltung der Richtung der Hauptaxe, dafs so eine Anzahl aus übereinander gesetzten Kryställchen gebildeter Stengel dicht neben- und umeinander herum parallel gestellt sich erhoben und so der Bildung einer cylindrischen Gestalt anstrebten, die aus parallelen Stengeln zusammengesetzt ist.

Bei der Beschaffenheit der Krystallcombination, die, der Basisfläche entbehrend, nothwendig ein Eindringen des einen Krystalls in den anderen, eine gegenseitige Verwachsung der Endecken erfordert, ohne deshalb den oberen einen wirklich festen Stützpunkt zu geben, bei der Anwesenheit einer Flüssigkeit, in welcher der Bildungsact vor

sich ging, bei der ungleichen Gröfse der einzelnen sich gruppirenden Individuen, war es unmöglich, dafs die gerade sich erhebenden cylindrischen Gruppen in dieser verticalen Stellung stehen bleiben konnten; es fehlte die Sicherheit für einen so hohen schwankenden Bau und somit war die geringste Störung in dem Fluidum hinreichend, die vertical anstrebende Säule (wenn man vergleichsweise so sagen darf) in Schwankung zu versetzen und ein Herabsinken des oberen Theiles zu veranlassen.

Hätte man einen Aufbau im Trocknen gehabt, d. h. hätten sich durch sehr allmählichen Absatz aus durchsickernden Gewässern derartige Gruppen gebildet, so wäre bei einer Störung des Gleichgewichts das fertige Gebilde zerbrochen, oder es hätte während des Wachsthumes eine allmähliche Ablenkung von der verticalen Richtung stattfinden müssen; hier aber fand der gesammte Bildungsact in einem völlig mit Wasser erfüllten Raume statt, und die eintretende Schwankung bewirkte in dem widerstandsfähigen Fluidum kein gänzliches Zerfallen, sondern die eng aneinander gelehnten Stengel, zusammengesetzt aus perlenschnurartig verwachsenen Individuen, gewährten dem Ganzen so viel Halt, dafs ein allmähliches Herabbiegen des oberen Endes erfolgte, ohne dafs die Stengel zerrissen, weil die mögliche Verschiebbarkeit ein nothwendiges Ausweichen ermöglichte. Das herabgebogene Ende erreichte den festen Boden und eine geringe Störung der ursprünglichen Lage ist sichtbar, die scheinbar noch durch einige unregelmäfsig aufgeschossene Stengel vermehrt wird. Der Widerstand nämlich, welchen die feste Unterlage dem sich auf sie herabsenkenden Stengelaggregat entgegensetzte, bewirkte, so gering er auch war, eine geringe Spreizung der Stengel. Durch den mechanischen Druck wurden im Innern des Bogenraumes nur wenige Stengel weggedrängt, obgleich dort die linear geordneten Individuen am meisten gegeneinander gedrückt werden mufsten. Das Ganze zeigt also, trotz dieser einzelnen Ablenkungen, einen grofsen Grad von Zusammenhang und deutliche Verschiebbarkeit,

wenn man sieht, wie die doch ziemlich langen Stengelgebilde, aus so vielen kleinen Krystallen zusammengesetzt, so aus ihrer geraden Richtung verrückt und bis zum Boden herabgelenkt werden konnten, ohne dafs sie zerfielen oder zerrissen. Dabei sind alle Krystalle der Gruppe scharf und bestimmt ausgebildet, insoweit sie ihre Theile sehen lassen, und man kann auf eine ruhige Bildungsepoche schliefsen. In der Gröfse wechseln sie, wie schon von allen Krystallen des Stückes überhaupt angeführt wurde, nicht auffallend, und die Stengel sind ziemlich von gleicher Dicke, werden gegen das Ende allmählich dünner, daher das Ganze mit ihnen, und nur einzelne hervorspringende Krystalle sind über das gewöhnliche Maafs der Gröfse hinaus gegangen, sowie an sich schon wechselnde Volume durch das mehr oder mindere Hervortreten von ∞P gegeben sind.

Die beigegebene Figur 40 Taf. III kann freilich nur annähernd den Eindruck wiedergeben, den das Ganze bewirkt; man soll zunächst daraus die Umbiegung des Ganzen, die Zusammensetzung aus parallel gruppirten Stengeln und weiter abwärts die Zusammensetzung aus linear gruppirten Krystallen ersehen, während Fig. 39 Taf. III nur beigefügt ist, um zu zeigen, wie theoretisch die in Fig. 38 Taf. III verkleinert dargestellte Combination $\frac{1}{2}R' . \infty R$ (Fig. 37) sich geordnet darstellt, zum beiläufigen Verständnifs der Längs- und Querlinien in Figur 40.

Was schliefslich die Krümmung betrifft, so soll nicht die Ansicht ausgesprochen worden seyn, als wäre der Grund der Krümmung bei Gold, Silber und dergl. in zähnigen, draht- und haarförmigen Gestalten derselbe, wie bei dem Calcit, sondern es handelte sich wesentlich um die Art der Gruppirung. Dafs nebenbei die so schön zusammengesetzte Gruppe des Calcits auch eine solche ungewöhnliche Krümmung zeigt, erleichtert um so mehr das richtige Verständnifs jener mannigfach gebogenen viel zarteren Gebilde.

2. Calcit von Przibram in Böhmen.

Ein schönes Gegenstück zu der vorangehenden Bildung ist das Exemplar von Przibram. Dort reihten sich die Krystalle $\frac{1}{2}R' . \infty R$ linear, hier reihen sich Krystalle derselben Combination lamellar, d. h. die Krystalle verwachsen mit den Prismenflächen, und die Rhomboëderflächen der ganzen lamellaren Gruppe haben übereinstimmende Lage, so dafs theoretisch die Summe der Endecken eine Ebene repräsentirt, die factisch durch die ungleiche Ausbildung und Verschiebung in eine krumme Fläche übergeht. Durch die hier gegebene Art der Gruppirung wird die Bildung plattenförmiger Gestalten veranlafst, deren Dicke von der Höhe der Krystalle oder von wiederholten Lagen abhängt, indem neben der allgemeinen lamellaren Gruppirung nebenbei noch eine untergeordnete lineare stattfinden kann.

Der Calcit setzte sich hier auf krystallinisch grobkörnigem Baryt ab, nachdem zuvor die Oberfläche desselben mit einer fast continuirlichen Schicht mikrokrystallischen Pyrits belegt war. Die durch regelmäfsige Gruppirung der kleinen Krystalle $\frac{1}{2}R' . \infty R$ mit parallelen Hauptaxen entstandenen plattenförmigen Gestalten bilden aber keine zusammenhängende Ueberzugslage auf dem Pyrit oder Baryt, sondern erheben sich über die Unterlage, indem die lamellaren Gruppen sich zum Theil convex krümmten und, einmal von der Unterlage entfernt, in dieser Richtung sich durch neuen Ansatz vergröfserten. Die Convexität der breiten Flächen, bedingt durch das Emporsteigen der sich lamellar vergröfsernden Gruppen über die Unterlage, zeigt noch nebenbei als weitere Folge eine Verästelung durch eingetretene Spaltung und Trennung der Platten. Die ästigen Gebilde zeigen jedoch die gleiche Art der Gruppirung, selbst wenn sie vertical aufsteigen, so dafs dann die Rhomboëderflächen auf zwei entgegengesetzten Seiten zu sehen sind, am Ende des ästigen Theiles aber Prismenflächen.

Mangel an Material mag wohl nicht die Ursache der Spaltung der Platten in ästige Gestalten gewesen seyn, da das Stück mehr als hinreichend Calcit zeigt, um die

Platten überdeckend und dick zu machen. Der Hauptgrund lag in fremder Substanz (Quarz und Pyrit), die sich da und dort auf dem Platten bauenden Calcit festsetzte und stellenweise von den successiv gebildeten Calcitkrystallen selbst krystallisirend nicht schnell genug umschlossen werden konnte. So namentlich bildeten sich die Quarzkrystalle, während der Pyrit mehr in kugligen Concretionen als in einzelnen Krystallen vorkommt. Die Quarzkrystalle sind scharf ausgebildet, grünlich grau, durchsichtig bis halbdurchsichtig und zeigen gelbe Kugeln oder Büschel zart faserigen Limonits als Einschlufs; die grüne Farbe aber wird durch höchst fein vertheiltes pulveriges Pigment hervorgebracht. Von beiderlei Einschlüssen zeigt der Calcit keine Spur, er ist grau bis weifs, durchsichtig bis durchscheinend und glänzend.

3. Calcit von Andreasberg am Harz.

Dieses Exemplar zeigt eine schöne Umhüllung des krystallisirten Calcit durch krystallisirten Calcit mit wechselnder Gestalt. Die jetzt sichtbaren Krystalle von blafs röthlichweifser Farbe sind aufgewachsen auf körnigem Calcit, zeigen die Combination eines ansehnlich spitzen Rhomboëders mR mit $\frac{1}{2}R'$. Die Rhomboëderflächen mR sind etwas convex und rauh, durch hervorspringende meist längliche Krystalltheilchen. Die Flächen $\frac{1}{2}R'$ sind ziemlich eben und glatt. An den Seitenkanten von mR erblickt man noch schwache Spuren eines Scalenoëders.

Die im Ganzen halbdurchsichtigen Krystalle sind an den Enden undurchsichtig durch die milchweifsen undurchsichtigen Rhomboëderflächen. So wie sonst an Krystallen $\infty R \, . \, oR$ von Andreasberg die Basisflächen eine undurchsichtige milchweifse Schicht werden, während die Krystalle farblos und durchsichtig sind, so bilden hier die Flächen $\frac{1}{2}R'$ das undurchsichtige Ende der Krystalle. Beim Hindurchsehen erblickt man in den Krystallen einen Kern, welcher selbst wieder ein Calcitkrystall ist. Es gelang mir nämlich mit grofser Vorsicht die umgebende Krystallmasse zu tren-

nen, und ich fand so als Kern eine Combination von $\frac{1}{2}R'$ mit einem spitzen Rhomboëder mR' und mit einem spitzen Scalenoëder mRn. Die beigegebene Fig. 41 Taf. III zeigt die Art der Verwachsung; der innere Krystall, welcher schwach schattirt ist, um ihn besser zu unterscheiden, hat bezüglich der Flächen $\frac{1}{2}R'$ (g) Parallelismus mit dem umhüllenden; die mit r bezeichneten Rhomboëderflächen aber des inneren Krystalls scheinen nicht mit den Rhomboëderflächen (s) der Umhüllung identisch zu seyn, soweit man durch den Anblick urtheilen kann. Die mit g bezeichneten Rhomboëderflächen der Umhüllung sind dunkel gezeichnet, um anzudeuten, dafs dort die Krystalle undurchsichtig sind.

Die inneren Krystalle, welche demnach einer früheren Bildungsepoche angehören, unterscheiden sich auch durch die grauere Farbe, haben aber keinen fremden Ueberzug, der sie trennte, wefshalb es um so auffallender ist, dafs sich der umhüllende Calcit so leicht trennen läfst und dafs der sich vergröfsernde Krystall seine Gestalt änderte.

4. Calcit von Freiberg in Sachsen.

Dieser schliefst sich eng an den vorigen an. Die aufgewachsenen grauen bis wasserhellen Krystalle stellen die Combination $\infty R . \frac{1}{2}R'$ dar; die Kanten von ∞R sind schwach abgestumpft durch $\infty R \infty$ und die gegenseitigen Combinationskanten sehr schwach durch die Flächen eines dodekagonalen Prisma. Richtiger ist es aber auch hier, wie bei den meisten für hexagonale Prismen gehaltenen Gestalten des Calcits, dafs die als hexagonales Prisma angegebene Gestalt ein sehr spitzes Rhomboëder ist, wonach dann auch die Flächen an den Kanten zu deuten seyn würden. Da aber hier sämmtliche Flächen aufser $\frac{1}{2}R'$ krystallographisch nicht absolut genau bestimmbar, die kleinsten Flächen unterbrochen und uneben sind und es hier weniger auf diese Bestimmung ankommt, so können wir uns an den ersten Eindruck halten. Die so äufserlich ausgebildeten Krystalle sind fast durchsichtig, wenn man auf die Prismenflächen sieht, fast undurchsichtig, wenn man auf die Rhomboëder-

flächen sieht, indem diese eine graue Schicht repräsentiren und dabei fast matt sind. Beim Hindurchsehen in der Richtung auf die Prismenflächen bemerkt man eine eingewachsene Krystallgestalt wie die Fig. 42 Taf. III es angiebt, von im allgemeinen scalenoëdrischer Gestalt. Die Endecke des inneren spitzen Scalenoëders, als welches sich die innere Gestalt bei genauer Prüfung erweist, fällt mit der Endecke des stumpfen Rhomboëders zusammen, und da die Masse durchweg gleich ist, so würde man den Kern nicht unterscheiden können, wenn nicht derselbe durch pulverförmige krystallinische Körnchen von (wahrscheinlich) Pyrit in seiner Begränzung markirt wäre. Die Kieskörnchen, welche zur grauen Färbung in sofern beitragen, als die Bekleidung des Kerns auf die Farbe der ganzen Krystalle trübend einwirkt, lassen sich unter mäſsiger Vergröſserung leicht erkennen, und ihre Anwesenheit läſst sich als Grund des Formenwechsels ansehen, indem die auf die Scalenoëder abgesetzte fremde Substanz bei weiterem Absatz der Calcitmasse die Auflagerung der kleinsten Theilchen bezüglich der Lage nicht störte, jedoch die Einwirkung der Krystallisationskraft veränderte. Die Krystalle vergröſserten sich dabei so, daſs die Hauptaxe unverändert blieb, wie man auch aus der Fig. 42 Taf. III ersieht und an dem Stücke es an einzelnen Krystallen durch einen schwarzen Punkt wahrnimmt, der am Scheitelpunkte der stumpfen Rhomboëderecke hervortritt. Zufällige Verletzungen des Stückes lassen dabei erkennen, wie die Spaltungsflächen continuirlich durch Hülle und Kern fortgehen, die Kiesbekleidung aber scharf begränzt ist. Ihr Niederfallen auf die Flächen des Scalenoëders, welches wahrscheinlich $R3$ ist, bedingte die Tendenz, sich nach auſsen anders als in der Gestalt $R3$ zu gestalten, ohne daſs eine Pause der Vergröſserung eintrat, wie bei dem vorerwähnten Stücke. An einem zweiten Exemplare von demselben Fundorte ist eine fast gleiche Bildung zu sehen, nur sind die Krystalle schärfer ausgebildet, die Flächen $\frac{1}{2}R'$ nicht matt und undurchsichtig, sondern die letzteren sind parallel den Höhenlinien der Pen-

tagone (vertical) gestreift. Die Krystalle vergröfserten sich dabei noch über die Hauptaxe hinaus, so dafs die Scheitelpunkte der Scalenoëder-Endecken ein Stück unterhalb der Scheitelpunkte der Rhomboëderendecken zu sehen sind.

5. Calcit von Schemnitz in Ungarn.

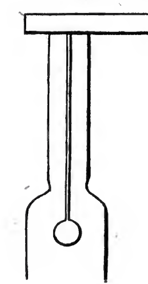
Wenn die Exemplare 3 und 4 eine innere Krystallgestalt von abweichender Form zeigten und die Veränderung in 4 durch das fremdartige Material bedingt zu seyn scheint, so giebt es auch Krystalle, wo die fremdartige Substanz gar nicht stört. Diefs zeigen z. B. schöne bis Zoll grofse Krystalle von Schemnitz, $\frac{1}{2}R'$ darstellend, welche, wie Fig. 43 Taf. III angiebt und es oft bei Fluoritkrystallen zu sehen ist, eine letzte klare Schicht zeigen. Das innere Rhomboëder ist grau durch pulverförmiges Pigment, welches wahrscheinlich Pyrit in mikroskopischen Kryställchen ist; dasselbe schwindet plötzlich und der Krystall wächst fort, ungetrübt und rein. Hier war wahrscheinlich der Einschlufs zu fein, um anders als trübend einzuwirken; er bildet nur einen Staub, dessen Menge noch verdoppelt durch die Doppelbrechung der Calcitmasse erscheint.

XIII. *Ueber den Einflufs der Bodennähe auf die Anzeigen der im Freien aufgehängten Thermometer; von F. Henrici.*

Vor einiger Zeit gelangte ich zufällig in den Besitz zweier gut mit einander übereinstimmenden Thermometer, wodurch ich auf den Gedanken geführt wurde, sie an meiner Wohnung in verschiedener Höhe, in freier Luft aufzuhängen, um zu sehen, welche Abweichungen dabei in ihren Anzeigen etwa vorkommen möchten. Demgemäfs wurden sie, das eine am unteren, das andere am oberen Stock meines

Hauses je vor der mittleren Scheibe eines Fensterflügels so befestigt, dafs an beiden die Ablesungen mittelst einer an die Innenseite der Fensterscheibe anzulegenden Lupe von gröfserer Brennweite bequem gemacht werden konnten, wobei die Kugeln der Thermometer von den Scheiben 2 p. Zoll weit abstanden. Da es mir wichtig schien, die Umstände für beide Thermometer möglichst gleich zu machen, so bekam das obere Thermometer seinen Platz nicht an dem gerade über dem unteren, sondern an dem zunächst daneben befindlichen Fenster, aus dem Grunde, weil die zu diesen Fenstern gehörigen Zimmer beide nicht eigentlich bewohnt waren und eine Oeffnung der beiden Fenster daher nur selten vorkam. Die Kugel des unteren Thermometers war $7\frac{2}{3}$ p. Fufs, die Kugel des oberen 20 p. Fufs vom Boden, beide von einander also $12\frac{1}{3}$ Fufs entfernt; von den Fenstersohlbänken standen die Kugeln $2\frac{1}{3}$ Fufs ab. Die Vorderseite des Hauses, an welchem die Thermometer aufgehängt wurden, ist gegen NNW gekehrt und durch eine $43\frac{1}{2}$ Fufs breite Strafse von der Mauer des hiesigen botanischen Gartens getrennt, hinter welcher sich eine ausgedehnte Gruppe hoher Bäume befindet. Die übrigen drei Seiten des Hauses sind von einem Garten umgeben, welcher durch Nachbargärten begränzt wird, so dafs die Lage des Hauses ganz frei ist und nur die nördlichen und nordöstlichen Winde zu demselben keinen ganz ungehemmten Zutritt haben.

Beide Thermometer waren umgeben von Lampengläsern, in deren unteren Ausweitung die Kugeln sich etwa in der Mitte befanden, wodurch sie vor dem unmittelbaren Anstofs des Windes und Regens geschützt waren, was, wie die Vergleichung mit einem benachbarten ungeschützten Thermometer mir gezeigt hat, von erheblicher Bedeutung ist.



Die Beobachtungen sind gewöhnlich nur einmal am Tage gemacht worden, zu einer Zeit, wo die nördliche Hauswand von der

Sonne noch nicht beschienen und der Stand der Thermometer einigermaſsen stationär war, im Winter des Morgens vor oder um 9 Uhr, im Sommer um 1 Uhr; einige Ablesungen sind auch zu anderen Zeiten gemacht worden. Daſs die Ablesungen an beiden Thermometern möglichst rasch nach einander gemacht wurden, braucht kaum erwähnt zu werden; nicht selten wurde auch der Controle wegen das zuerst beobachtete Thermometer nach der Ablesung des anderen noch einmal nachgesehen. Ich lasse nun einen Auszug des Beobachtungsjournals folgen, da dessen vollständige Mittheilung überflüssig seyn dürfte. Der jedesmalige Witterungszustand ist durch die Zeichen *h* (heiter), *zh* (ziemlich heiter), *bw* (bewölkt in 2 Abstufungen), *w* (Wind in 4 Abstufungen 0 bis 3), *st* (stürmisch) angedeutet; auch habe ich zuweilen die Zeichen *r* (Regen) und *s* (Schnee) hinzugefügt. Die Thermometer sind nach Réaumur getheilt.

Beobachtungszeit			Thermometer °R. oben (o)	unten (u)	Untersch. ($o-u$)	Witterung
1854.		h				
Nov.	1.	8 M.	1,3	0,5	0,8	h w_0
	2.	8 »	7,3	7,0	0,3	bw_2 »
	3.	8 »	6,7	6,5	0,2	» w_1
		4 A.	6,4	6,4	0,0	» w_3 r
	4.	8 M.	4,1	4,2	— 0,1	bw_1 » »
	6.	8 »	4,0	4,0	0,0	» w_3 »
	7.	8 »	0,8	0,5	0,3	bw_2 w_0
	8.	9 »	5,2	5,1	0,1	» w_1
	9.	8½ »	3,5	3,6	— 0,1	» »
		7½ A.	0,6	0,2	0,4	h w_0
	10.	8 M.	1,7	1,7	0,0	bw_2 w_1
	12.	8 »	0,8	0,8	0,0	» w_2 s
	13.	8 »	— 7,1	— 7,8	0,7	h w_0
		1 A.	— 0,5	— 0,8	0,3	» w_1
	14.	8 M.	— 4,6	— 4,8	0,2	bw_1 w_0
	15.	8 »	— 2,2	— 2,2	0,0	» w_1
	16.	8 »	— 1,1	— 1,5	0,4	zh w_0

Beobachtungszeit		oben (o)	unten (u)	Untersch. ($o-u$)	Witterung
1854.	h				
Nov. 17.	8 M.	0,4	0,2	0,2	*zh* w_0
19.	9 »	1,5	1,5	0,0	bw_2 w_1
22.	8 »	— 0,9	— 0,9	0,0	» w_2 *s*
24.	4 A.	2,7	2,4	0,3	bw_1 w_0
25.	8 M.	1,4	1,1	0,3	bw_2 »
26.	1 A.	2,5	2,2	0,3	» »
27.	8 M.	0,4	0,2	0,2	bw_1 »
Dec. 1.	9 »	5,6	5,5	0,1	» w_3
2.	8 »	1,5	1,5	0,0	» w_1
4.	12 »	6,0	6,0	0,0	» *st*
5.	8 »	4,5	4,5	0,0	bw_2 w_2
8.	8 »	0,2	0,2	0,0	bw_1 w_0
11.	9 »	2,3	2,0	0,3	» »
	2 A.	2,7	2,4	0,3	*h* »
14.	8 M.	2,2	2,1	0,1	bw_1 w_2
17.	11 »	2,3	2,2	0,1	» w_1
29.	9 »	— 2,3	— 3,0	0,7	*h* w_0
1855.					
Jan. 9.	9 »	3,9	3,7	0,2	bw_1 »
15.	9 »	— 4,4	— 4,7	0,3	» »
16.	8 »	— 12,7	— 13,2	0,5	» »
17.	9 »	— 9,5	— 9,7	0,2	» »
18.	8 »	— 15,2	— 15,8	0,6	» »
19.	8 »	— 13,9	— 14,1	0,2	» »
20.	9 »	— 9,5	— 9,3	— 0,2	*h* »
22.	8 »	— 12,6	— 13,0	0,4	» »
23.	8 »	— 7,1	— 7,4	0,3	» »
24.	9 »	— 3,5	— 3,5	0,0	bw_2 » *s*
26.	8 »	— 5,9	— 6,2	0,3	bw_1 »
	3 A.	— 3,0	— 3,5	0,5	*h* »
Feb. 1.	9 M.	— 6,0	— 6,0	0,0	bw_2 w_0 *s*
2.	$8\frac{3}{4}$ »	— 17,1	— 18,0	0,9	*h* »
	4 A.	— 11,0	— 11,5	0,5	» »
3.	8 M.	— 15,9	— 16,6	0,7	» »
4.	10 »	2,2	2,2	0,0	bw_1 »

Beobachtungszeit			oben (*o*)	unten (*u*)	Untersch. (*o—u*)	Witterung		
1855.	h							
Febr. 6.	9	M.	1,6	1,0	0,6	bw_1	w_0	
7.	8	»	— 0,3	— 0,3	0,0	bw_2	»	
9.	9	»	— 6,8	— 7,1	0,3	*h*	»	
14.	9	»	— 5,5	— 5,7	0,2	bw_1	»	
16.	9	»	— 8,1	— 8,4	0,3	*zh*	»	
	1	A.	— 4,4	— 5,0	0,6	*h*	»	
18.	1	»	— 8,5	— 8,9	0,4	»	»	
19.	9	M.	— 12,1	— 12,3	0,2	*zh*	»	
	1	A.	— 6,7	— 7,1	0,4	*h*	»	
20.	9	M.	— 10,1	— 10,1	0,0	»	»	
21.	9	»	— 4,3	— 4,2	— 0,1	bw_2	»	
25.	1	A.	3,4	3,4	0,0	»	w_3	
28.	8	M.	— 4,7	— 5,0	0,3	*zh*	w_0	
März 1.	2	A.	4,7	4,6	0,1	bw_2	w_1	
3.	2	»	8,1	8,0	0,1	bw_1	w_2	
13.	9	M.	0,8	0,8	0,0	bw_2	w_0	*s*
	12	»	1,0	1,5	— 0,5	»	»	
16.	2	A.	2,8	2,8	0,0	»	w_2	
20.	9	M.	1,5	1,5	0,0	»	w_1	*s*
April 2.	9	»	4,0	3,7	0,3	bw_1	w_0	
4.	5	A.	8,0	7,8	0,2	»	»	
7.	6	»	7,2	7,0	0,2	*zh*	»	
13.	4	»	12,0	11,8	0,2	»	»	
17.	7	»	6,6	6,3	0,3	*h*	»	
18.	1	»	13,3	12,7	0,6	»	»	
20.	2	»	13,0	13,0	0,0	bw_1	w_1	
Mai 2.	1	»	10,3	10,0	0,3	*h*	»	NO
3.	1	»	14,1	13,4	0,7	»	»	
4.	1	»	15,6	15,6	0,0	bw_1	»	W
7.	1	»	8,8	8,8	0,0	»	w_2	W
22.	1	»	17,2	16,6	0,6	*h*	w_1	
23.	1	»	8,5	8,4	0,1	bw_2	w_2	*r*
24.	1	»	19,3	19,0	0,3	*h*	w_1	
26.	1	»	20,6	20,2	0,4	»	»	
31.	1	»	21,0	20,5	0,5	»	w_2	

Beobachtungszeit.				oben (*o*)	unten (*u*)	Untersch. (*o*—*u*)	Witterung.
1855.		h					
Jun.	1.	1	A.	17,6	17,0	0,6	bw_2 w_1
	2.	1	»	20,2	20,1	0,1	bw_1 w_2
	3.	1	»	23,0	22,7	0,3	*zh* w_1
	4.	1	»	16,8	16,6	0,2	bw_1 »
	5.	1	»	18,8	18,3	0,5	*h* »
	7.	1	»	23,0	23,0	0,0	» »
	8.	1	»	24,3	24,3	0,0	» »
	10.	1	»	19,5	19,0	0,5	» »
	14.	1	»	16,5	16,2	0,3	» w_2
	18.	1	»	13,0	12,8	0,2	bw_1 w_1
	29.	1	»	19,8	19,2	0,6	*h* »
Jul.	2.	1	»	22,7	21,8	0,9	bw_1 »
	3.	1	»	21,0	20,6	0,4	*zh* w_2
	4.	1	»	12,0	11,1	0,9	bw_2 w_1
	5.	1	»	13,5	13,5	0,0	» » *r*
	7.	1	»	13,7	14,0	— 0,3	» » *r*
	9.	1	»	19,9	19,7	0,2	*zh* »
	10.	1	»	21,8	21,2	0,6	» »
	11.	1	»	16,0	16,0	0,0	bw_1 w_2
	12.	1	»	19,0	18,6	0,4	*zh* w_1
	13.	1	»	20,5	20,0	0,5	*h* »
	14.	1	»	21,7	21,4	0,3	» »
	16.	1	»	20,8	20,8	0,0	bw_1 »
	20.	1	»	14,2	14,2	0,0	bw_2 w_2
	31.	1	»	19,4	19,0	0,4	*zh* w_1
Aug.	1.	1	»	19,8	19,8	0,0	bw_1 »
	3.	1	»	19,3	19,2	0,1	bw_2 w_0
	28.	1	»	20,2	19,7	0,5	*h* w_1
	29.	1	»	21,7	21,0	0,7	» »
	30.	2	»	17,0	17,0	0,0	bw_1 »
	31.	1	»	17,2	16,7	0,5	*h* »
Sept.	1.	1	»	17,0	16,7	0,3	*zh* w_1
	3.	1	»	15,3	15,5	— 0,2	bw_1 »
	8.	1	»	13,4	13,0	0,4	*h* »
	9.	1	»	12,5	12,4	0,1	bw_1 » *r*

Beobachtungszeit			oben (o)	unten (u)	Untersch. ($o-u$)	Witterung	
1855.	h						
Sept. 10.	1	A.	14,0	14,0	0,0	h	w_1
11.	1	»	15,1	14,8	0,3	»	»
12.	1	»	15,1	14,7	0,4	»	»
13.	1	»	15,5	15,3	0,2	zh	»
14.	1	»	10,3	10,1	0,2	bw_2	»
16.	1	»	10,6	10,5	0,1	»	w_2

Aus diesen Zahlenangaben ergeben sich unerwartete Unterschiede in den Anzeigen der in senkrechter Richtung nur 12⅓ p. Fuſs von einander entfernten Thermometer. Diese Unterschiede sind sehr wechselnd und steigen bis auf 0°,9 R. Vergleicht man dieselben mit den zu den Beobachtungszeiten stattgehabten Zuständen der Atmosphäre und berücksichtigt dabei, daſs diese in manchen Fällen von den kurz vor den Beobachtungen da gewesenen mehr oder weniger verschieden gewesen, dann aber nicht ohne Einfluſs auf den Stand der Thermometer geblieben seyn können, wie auch, daſs sehr geringe Luftbewegungen sich zuweilen der Wahrnehmung entzogen haben mögen, so wird man kaum bezweifeln können, daſs die fraglichen Unterschiede nur in der verschiedenen Höhe der Thermometer über dem Boden ihren Ursprung haben können, dessen von der Luft verschiedene und gewöhnlich (wenigstens im Schatten) niedrigere Temperatur die Wärme der unteren Luftschichten nothwendig afficiren muſs. Die Unterschiede sind im allgemeinen am gröſsten bei stiller Luft und heiterem Himmel, am geringsten und häufig 0, bei bewegter Luft und bewölktem Himmel, welche Zustände die Abkühlung des Bodens durch Wärmeausstrahlung und deren Mittheilung an die untere Luftschichten im ersten Falle begünstigen, im zweiten vermindern; so zeigt sich auch, daſs Regen und Schneefall die thermometrischen Unterschiede meistens aufheben und es machen gröſsere Aenderungen in der Luftwärme sich in demselben zuweilen bemerklich. Zu einer weiter gehenden Kenntniſs dieser Vorgänge würden Beob-

achtungen bis zu gröfseren Höhen mit mehreren Thermometern auszuführen seyn. Es ist wohl wahrscheinlich, dafs die Höhe, bis zu welcher der Einflufs des Bodens (namentlich des beschatteten) sich erstreckt, nicht ganz unbedeutend seyn und mit den Jahres- und Tageszeiten, wie auch sonstigen Umständen wechseln werde.

Sodann entsteht die Frage, welche Lufttemperatur durch Thermometerbeobachtungen eigentlich zu ermitteln sey? Genau genommen doch wohl diejenige, welche durch den localen Einflufs des Bodens nicht berührt werden und welche dann mit der Temperatur der Bodenoberfläche zusammenzustellen wäre, um den Gang beider Temperaturen klar hervortreten zu lassen.

Unter den angegebenen Beobachtungszahlen kommen einzelne wenige vor, die negative Unterschiede ergaben, was daraus zu erklären ist, dafs in diesen Fällen von einer eingetretenen kälteren Luftströmung das obere Thermometer zufällig früher als das untere berührt wurde. Man sieht daraus, welchen Anomalien die in freier Luft aufgehängten Thermometer ausgesetzt sind und wie wichtig zur Erlangung genauer Daten es ist, dafs alle störenden Einflüsse möglichst vermieden werden.

In Beziehung auf die Uebereinstimmung der benutzten beiden Thermometer bemerke ich schliefslich, dafs bei deren wiederholter sorgfältiger Vergleichung in Wasser die Anzeigen beider bei Temperaturen von 30° bis 5° nicht um $\frac{1}{10}$° R. von einander abwichen; dasselbe zeigte sich, als beide Thermometer vor dem Beginn der Beobachtungen neben einander im Freien aufgehängt und so eine Zeitlang mit einander verglichen wurden.

XIV. *Weitere Versuche, welche die Verschiedenheit des galvanisch ausgeschiedenen Wasserstoffgases gegen das gewöhnlich dargestellte darthuen; von G. Osann.*

Folgende zwei Versuche können als neue Beweise angesehen werden, dafs das auf galvanischem Wege ausgeschiedene Wasserstoffgas eine gröfsere Wirksamkeit zeigt, als das auf gewöhnliche Weise erhaltene.

1. Ein 2″ langes und $\frac{1}{2}$″ dickes Stück Kohle, geschnitten aus Bunsen'schen Kohlenelementen, frei von Eisen, Kalk und Schwefel, wurde in Wasser gekocht und hierdurch die in den Poren enthaltene Luft ausgetrieben. In diesem Zustand wurde sie in eine 2′ lange Glasröhre gebracht und diese mittelst einer Kautschuckröhre mit einem Apparat verbunden, in welchem gewöhnliches Wasserstoffgas bereitet und nachdem es gereinigt worden war, in die Röhre geleitet wurde. Nachdem eine Zeit lang ein Strom dieses Gases durch die Röhre geleitet war, wurde eine einfache Lampe unter dieselbe gestellt und durch Erhitzen das Wasser aus den Poren der Kohle getrieben. Hierauf wurde die Lampe entfernt und während des fortwährenden Gasstromes die Röhre erkalten gelassen. Die Glasröhre wurde jetzt geneigt, was vermöge der Kautschuckröhre leicht geschehen konnte und mit dem offenen Ende in eine Auflösung von schwefelsaurem Silberoxyd gebracht. Das Kohlenstück rutschte jetzt längs der Glasröhre herab und gelangte in die Auflösung des Silbersalzes. Auf diese Weise wurde bewerkstelligt, dafs das Kohlstück mit dem in den Poren befindlichen Wasserstoffgas mit dem Silbersalz in Berührung kam. Nach Verlauf von 12 Stunden und länger konnte auch nicht die geringste Wirkung des Wasserstoffgases auf das Silbersalz wahrgenommen werden. Die Kohle hatte sich mit feinen Bläschen von Wasserstoffgas beschlagen.

Wurde hingegen dasselbe Stück Kohle, nachdem es ausgewaschen und getrocknet worden war, in verdünnter Schwefelsäure auch nur eine Minute als negative Elektrode erhalten, so war es durch das in den Poren aufgenommene Wasserstoffgas in einen solchen Zustand versetzt, dafs es, in obige Auflösung gebracht, schon nach einigen Minuten Silber auszuscheiden vermochte. Nach 24 Stunden hatte sich ein ganzer Wulst von Silber um die Kohle herumgelegt. Das Silber war in einem solchen Maafse ausgeschieden, dafs, als ich das Silber abfiltrirte und das Filtrat mit Salzsäure prüfte, nur eine ganz schwache Reaction erfolgte. Ich glaube, dafs man hiervon eine sehr gute Anwendung in der analytischen Chemie machen könne.

2. Es wurden zwei Gaselemente, im Innern mit platinirten Platinstreifen versehen, von 5″ Länge und ½″ Durchmesser genommen, das eine mit gewöhnlich dargestelltem Wasserstoffgas gefüllt, das andere mit galvanisch dargestelltem. Beide tauchten dergestalt unter Wasser, dafs die darin befindlichen Platinstreifen mit ihren Enden unter dem Wasserspiegel sich befanden. Die Gläschen, in welche sie tauchten, waren zur Hälfte mit Wasser angefüllt. Es wurde jetzt in diese Gläschen gleichviel Salpetersäure gegossen. Das Wasserstoffgas in beiden Röhren kam jetzt mit verdünnter Salpetersäure in Berührung, die bekannte Thätigkeit des feingetheilten Platins trat bald in Wirksamkeit; es zeigte sich aber ein auffallender Unterschied. In dem Gläschen, welches das galvanisch ausgeschiedene Wasserstoffgas enthielt, stieg die Flüssigkeit schneller als in dem, welches das gewöhnliche enthielt. — Der Versuch wurde mehrmals bei Wechselung der Gaselemente mit gleichem Erfolg wiederholt.

XV. *Beitrag zur Lehre von der Fluorescenz;* *von G. Osann.*

1. Es ist mir gelungen eine Flüssigkeit aufzufinden, welche zu den besten fluorescirenden Flüssigkeiten gehört und welche ungemein leicht und mit geringen Kosten dargestellt werden kann. Bekanntlich enthält unser gewöhnliches Kienrufs ein Harz, welches durch Weingeist aus demselben ausgezogen werden kann. Man übergiefst Kienrufs mit Weingeist von 34 bis 35° B., läfst die Mischung einen Tag damit stehen und erhält nun eine gelbbräunliche Flüssigkeit, welche die Eigenschaft zu fluoresciren hat. In diesem Zustand ist die Flüssigkeit etwas zu concentrirt. Um den rechten Grad der Verdünnung zu finden, verfahre ich folgendermafsen. Ich nehme ein viereckiges Glasgefäfs mit parallelen Wänden von ungefähr 1½″ Höhe, giefse zur Hälfte Weingeist von obigem Grad hinein und füge nun von der Flüssigkeit hinzu. Indem man nun durch ein biconvexes Glas von kurzer Brennweite einen Lichtkegel in derselben erzeugt, kann man an der Intensität der Farbe desselben leicht erkennen, ob man den richtigen Grad der Concentration getroffen habe. Die Fluorescenz ist blaugrünlich, ähnlich der, welche durch einen Auszug aus Stechapfelsaamen erhalten wird. — Auch ist das Verhalten gegen farbige Gläser dasselbe. Hält man ein gelbbräunliches Glas zwischen das Auge und den fluorescirenden Lichtkegel, so gewahrt man denselben fast unverändert; sie verschwindet aber fast ganz, wenn man die Glasscheibe zwischen das convexe Glas und der Flüssigkeit bringt.

2. Beziehung der Fluorescenz zum elektrischen Licht. Man kann die elektrischen Lichterscheinungen offenbar in zwei Klassen eintheilen, Erscheinungen des elektrischen Funkens und Lichtaussendungen, welche dadurch entstehen, dafs die Körper, durch welche die Elektricität sich hindurch bewegt, glühend werden. Ersteres Licht läfst sich

durch den Funken der Maschine, oder besser noch, weil stärker, durch den Inductionsapparat mit der Neeff'schen Vorrichtung hervorbringen. Ich habe daher mit letzterem Apparat gearbeitet. Man verbindet den Inductionsapparat dergestalt mit einem Elektrometer, dafs der das Blei berührende Draht die negative Elektrode bildet. Ist der Apparat in Gang, so beobachtet man ein blaues Licht, welches wie ein Mantel sich um die Oberfläche des Drahtes legt. Es wurden nun folgende Flüssigkeiten in Reagenzgläschen bis zu einer gewissen Höhe gegossen, diese in der Höhe der Flüssigkeit gegen das elektrische Licht gehalten und von oben in das Gläschen gesehen: 1) Eine Auflösung von schwefelsaurem Chinin in Wasser. 2) Ein Absud der Rinde von Rofskastanien. 3) Ein weingeistiger Auszug der Saamen von Stechapfel. 4) Ein gleicher von Curcumaewurzeln. 5) Ein weingeistiger Auszug von Lackmus (dispersirt gelbes Licht). 6) Eine Lösung von Blattgrün in Weingeist. Das Ergebnifs dieser Versuche war: dafs die ersten fünf Flüssigkeiten fluorescirten, an der sechsten aber keine Fluorescenz wahrgenommen werden konnte. — Eine Wiederholung dieser Versuche gab dasselbe Resultat. Hiernach scheinen dem elektrischen Licht die Strahlen zu fehlen, welche in der Blattgrünlösung Roth erzeugen.

Ich stellte nun noch eine Reihe von Versuchen an, um die Wirkung des Lichts eines durch den Strom glühend gemachten Platindrahtes kennen zu lernen. Zu dem Ende wurde ein $1\frac{1}{2}''$ langer Platindraht so befestigt, dafs unter ihm Porcellanschälchen mit den oben erwähnten Flüssigkeiten gestellt werden konnten. Der Draht wurde nun durch den Strom zum Glühen gebracht und dann die Flüssigkeiten nach einander darunter gestellt. Diese Versuche wurden in einem im Innern schwarz angestrichenen optischen Cabinet angestellt. Der Erfolg dieser Versuche war: dafs bei keiner dieser Flüssigkeiten eine Fluorescenz wahrgenommen werden konnte. Diese Versuche wurden nun noch in der Art wiederholt, dafs, nachdem von den Flüssigkeiten in Reagenzgläschen gegossen worden war, diese

an den glühenden Draht gehalten wurden. Man sah jetzt von oben hinein, um zu sehen, ob Fluorescenz eingetreten sey. Auch unter diesen Umständen konnte keine Fluorescenz wahrgenommen werden. Nur die Flüssigkeit 5 erglänzte mit röthlichem Licht. Diefs ist jedoch die gewöhnliche Farbe, welche sie besitzt. Der Versuch zeigt, dafs das Licht des glühenden Drahtes viel rothe Strahlen enthält. Diese Thatsache stimmt mit den Beobachtungen überein, welche ich erhielt, als ich gefärbte Papiere unter den Draht brachte.

XVI. *Untersuchung des grünen Stoffes wahrer Infusorien; vom Fürsten Salm-Horstmar.*

Zuvor mufs ich vorerst wiederholen, dafs das, was ich in diesen Annal. Bd. 94, S. 466 über das Grün der kleinsten Infusorien mitgetheilt habe, auf einem Irrthum beruht, indem Hr. Prof. Ehrenberg mich später belehrte, dafs das Material meiner Untersuchung *keine* Infusorien, sondern kleinste Algen (*Coccodea viridis*) waren.

Ich theile nun die Untersuchung des grünen Stoffs aus wirklichen Infusorien mit, nämlich aus:

Euclena viridis.

Die auf dem Filter gesammelten sehr lebendigen Thierchen, getrocknet, mit Alkohol extrahirt, geben ein smaragd-*grünes* Extract mit gelblichem Stich, das das Licht *blutroth dispergirt*. Das bei gelinder Wärme zur *Trockenheit* eingedunstete Extract verhält sich wie folgt.

In *Wasser* löst es sich *nicht* merklich auf, auch nicht in der Wärme.

Ammoniak löst es mit gelbgrüner Farbe in der Wärme, die Lösung ist etwas trübe.

In *Aetzkali*-Lauge in der Wärme mit gelbgrüner Farbe etwas löslich.

In *Schwefeläther* sehr leicht löslich mit smaragd-grüner Farbe. Diese Lösung zeigt eine sehr starke *blutrothe* Dispersion des Sonnenlichtes sowohl als des Kerzenlichtes. Diese Flüssigkeit läfst keinen gefärbten Rückstand, wenn sie in einem offenen Probirglase der spontanen Verdunstung ausgesetzt wird. Der grüne Stoff hat also die merkwürdige Eigenschaft *sich mit Aether zu verflüchtigen.*

In *Terpentinöl* mit grüner Farbe leicht löslich, das Licht *blutroth dispergirend.*

Besonders ausgezeichnet ist das Verhalten dieses aus dem Alkoholextract erhaltenen trocknen grünen Stoffs bei der Erwärmung in der offenen Platinschale. Wird er nämlich darin schwach erhitzt, *ohne* dafs die Platinschale zum Glühen kommt, so dampft er *ohne* zu schmelzen, und verbreitet einen Fischgeruch. Darauf bleibt ein schwarz-brauner Rückstand, der langsam in der Wärme *sich verflüchtiget* (wenn man die Erhitzung der Platinschale so fortsetzt, dafs die Schale *nicht* zum Glühen kommt) und *ohne* dafs dieser Rückstand sich entzündet, wenn das Platin glüht.

Verhalten der grünen alkoholischen Auflösung gegen Reagentien.

Wasser trübt sie anfangs schwach, wenn man ein gleiches Volum Wasser zusetzt. Die Trübung ist grün, beim Kochen wird alles klar und grün; sogar bei 5 Volumen Wasser wird sie noch nicht trübe nach dem Kochen und man kann nun 40 Volumen Wasser zusetzen ohne merkliche Trübung.

Essigsäure bewirkt grüne Trübung.

Bleizucker, grüne Trübung, später grüner Niederschlag, der in Alkohol leicht löslich ist, mit grüner Farbe *ohne* rothe Dispersion.

Essigsaures Kupfer, keine Trübung, erwärmt, schwache Trübung.

Salpetersaures Silber, keine Trübung, aber nach einigen Stunden ein grünlich schwarzer Niederschlag, die überstehende Flüssigkeit behält ihre grüne Farbe und rothe Dispersion, aber nach 12 Stunden wird sie blafs und der Niederschlag vermehrt.

Salpetersaurer Kalk, keine Trübung, die Farbe aber wird Oelgrün, *keine* rothe Dispersion mehr. Nach 12 Stunden ein Niederschlag und die Farbe verschwindet.

Salzsaure Thonerde in Weingeist gelöst, grüne Trübung und die Flüssigkeit entfärbt sich. Nach einigen Stunden grünlicher *nicht* flockiger Niederschlag.

Salzsäure giebt olivengrüne Färbung.

Auf Lackmuspapier weder saure noch alkalische Reaction.

Der grüne Stoff in der *Euclena viridis* ist also sehr wesentlich verschieden von dem grünen Stoff der Algen sowohl, als von dem Chlorophyll der Phanerogamen und der grünen Laubmose.

XVII. *Ueber die Fluorescenz des Kaliumplatincyanürs und das Zerplatzen des galvanisch niedergeschlagenen Antimons. Aus einem Briefe des Hrn. Dr. Rud. Böttger.*

In Bezug auf Ihre Anfrage [1]) vom 5. d. M. erlaube ich mir zu erwiedern, dafs die kleine in den Annal. Bd. 95 S. 176 von Ihnen mitgetheilte Notiz in Bezug auf die Fluor-

1) Sie wurde veranlafst durch die Bemerkung des Hrn. Prof. Stokes im *Philosoph. Magazine*, *Aug.* 1855 *p.* 95, dafs es ihm nicht gelungen sey, an der *Lösung* des Kaliumplatincyanürs eine Fluorescenz zu beobachten, wie man diefs näher aus seiner seitdem im Decemberheft 1855 der Annalen mitgetheilten Abhandlung (S. 541) ersehen kann. *P.*

escenz des Kaliumplatincyanürs in der That von der Ihnen mündlich gemachten Angabe in sofern etwas abweicht, als ich mich erinnere, nur erwähnt zu haben, dafs mit einer sehr concentrirten Lösung dieses Salzes auf Papier erzeugte Schriftzüge in dem Lichte, welches bei der Verbrennung eines Stückchens Phosphor oder Schwefel in Sauerstoffgas auftritt, wie Gold glänzten, und dafs das Spectrum unter den bekannten Vorsichtsmafsregeln auf ein solches Papier geworfen, mir bei weitem ausgedehnter erschienen und die schwarzen Linien weit klarer hervorgetreten seyen, als bei ähnlicher Behandlung des Papiers mit einer Auflösung von angesäuertem schwefelsaurem Chinin, ja dafs man in einem völlig verfinsterten Zimmer, recht dicke, von einer sehr concentrirten Lösung herrührende Schriftzüge von Kaliumplatincyanür auf Papier schon schwach erkennen könne, wenn man Schwefelfäden in der atmosph. Luft abbrennen lasse. Eine wäfsrige *Lösung* des genannten Salzes habe ich dagegen nicht fluoresciren sehen, weder bei dem vorhin genannten Phosphor- und Schwefellichte, noch auch bei fortgesetzter Entladung Lane'scher Flaschen. Aehnliche Beobachtungen hat auch Werther (Erdm. Journ. Bd. 65, S. 349) gemacht, aber die Fluorescenz des Kaliumplatincyanürs nicht stärker gefunden, als die des schwefels. Chinins, wahrscheinlich deshalb nicht, weil er das Papier nicht hinreichend genug mit dem Salze imprägnirt hatte.

Aufserdem erlaube ich mir, Ihnen mitzutheilen, dafs das Bd. 95 S. 173 Ihrer geschätzten Annalen aufgeführte eigenthümliche Phänomen von auf galvanischem Wege aus einer Chlorantimonlösung abgelagertem Metall, ganz so wie Gore es mittheilt, auch von mir beobachtet worden ist. Ja ich besitze liniendicke auf Kupferblechstreifen abgelagerte Antimonniederschläge, die, obwohl in etwas geringerem Grade, an der Luft liegend, noch *nach acht Wochen* die auffallende Erscheinung beim Ritzen zeigten; ich bin eben damit beschäftigt zu untersuchen, ob bei der Zerspringung und zischenden Zerberstung des Metalls *unter Wasser* sich vielleicht eine Gasart werde nachweisen lassen können. Ich

vermuthe nämlich, dafs das interessante Phänomen auf der Zersetzung einer auf galvanischem Wege erzeugten festen *Antimon-Wasserstoffverbindung* beruht; vielleicht werde ich bald nähere Data Ihnen hierüber zugehen lassen können.

Frankfurt a. M. d. 9. Novbr. 1855.

XVIII. *Ueber die Ursache der Phosphorescenz des Agaricus olearius; von Hrn. Fabre.*

(*Compt. rend. T. XLI, p.* 1245.)

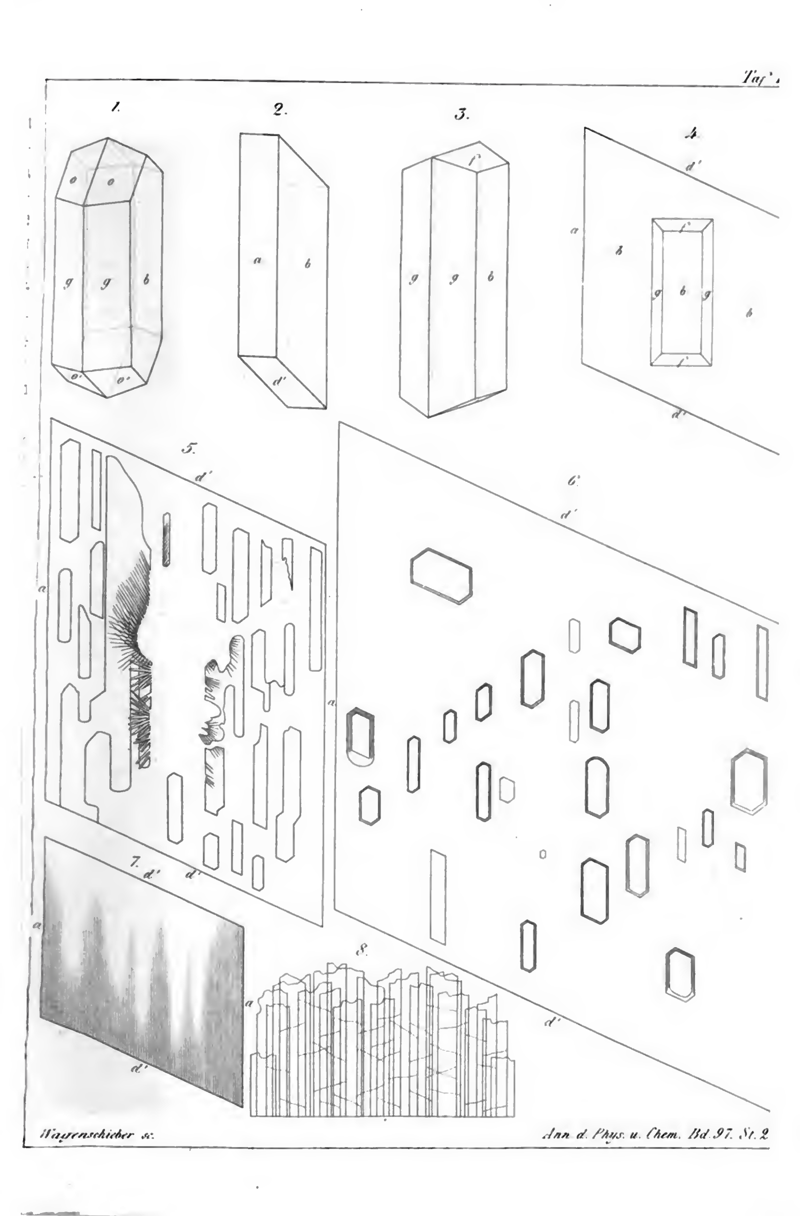
Die Phosphorescenz bei lebenden Pflanzen ist eine sehr seltene Erscheinung, die nur bei einigen Arten der grofsen Klasse der Pilze wohl nachgewiesen ist. Besonders ist der *Agaricus olearius* in dieser Beziehung bezeichnet, und vom Prof. Delille, so wie neuerlich von Hrn. Tulasne, untersucht worden. Der letztere hat in seiner wichtigen Abhandlung über diesen Gegenstand hervorgehoben, welche Lücken in physisch-chemischer Beziehung noch auszufüllen sind, um die Ursache des Lichtphänomens dieses Pilzes auf eine positive Weise festzustellen. Diefs ist der Zweck der Versuche des Hrn. Fabre.

Nachdem er abermals, wie seine Vorgänger, dargethan, dafs das Phänomen beim lebenden und ganz gesunden Pilze, besonders an den seinen Hut unten besetzenden Lamellen, stattfindet, weist er nach, im Widerspruch mit der Angabe von Delille, dafs die Phosphorescenz nicht intermittirend ist, sondern bei Tage wie bei Nacht andauert. Seine Versuche haben ihm überdiefs folgende Resultate geliefert:

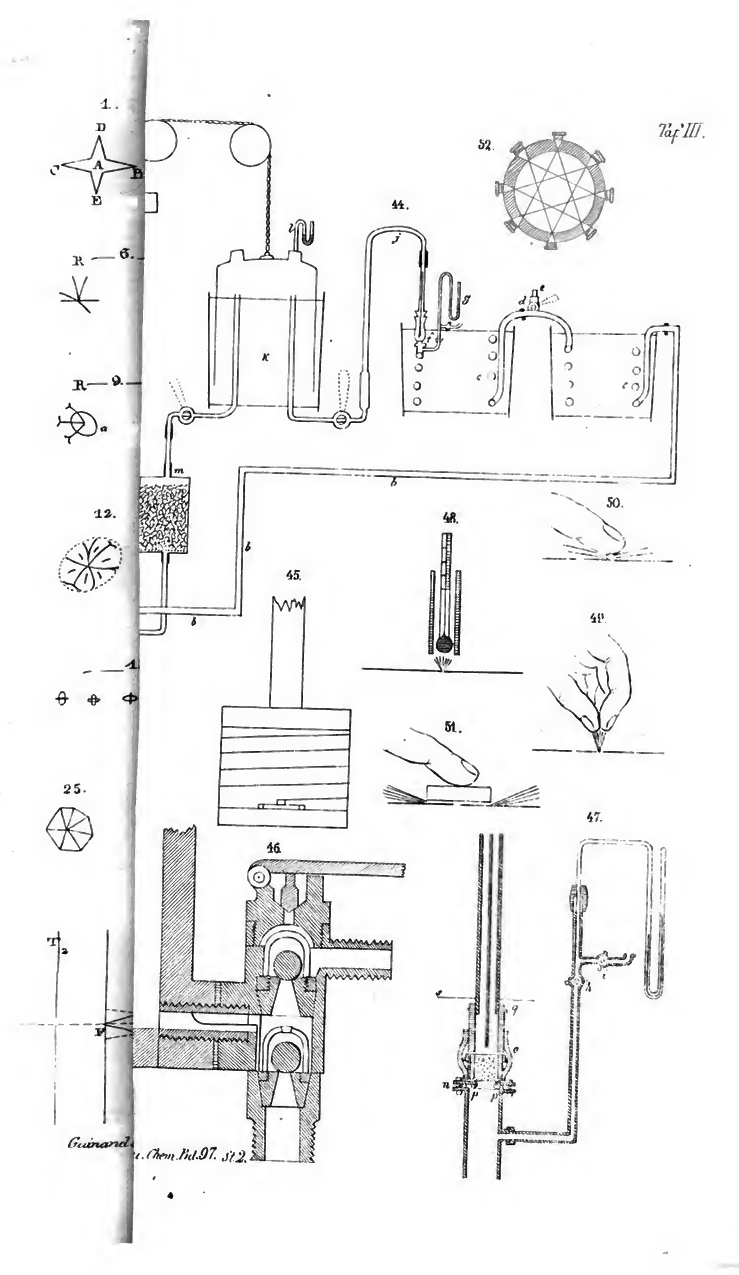
1) Eine Bestrahlung durch Sonnenlicht ist auf die Phosphorescenz dieses Pilzes, wenn man ihn hernach ins Dunkle bringt, ohne merklichen Einflufs. 2) Der hygrometrische Zustand der Luft hat keinen Einflufs, sobald er nicht bis zur Austrocknung der Gewebe geht, die der Sitz des Phä-

nomens sind. 3) Innerhalb gewisser Gränzen modificirt die Wärme das Phänomen nicht, aber eine Temperatur-Erniedrigung bis — 8° oder 10° C. macht es verschwinden, ohne jedoch die Fähigkeit zu einer Wiedererzeugung desselben bei einer nachherigen Erhebung über diese Gränze zu vernichten, wenigstens allemal, wenn die Temperatur nicht längere Zeit zwischen 0 und 2° gehalten worden. Eine Temperatur über 50° C. vernichtet dagegen die Eigenschaft des Leuchtens im Dunklen vollständig, was, nach der Meinung des Verfassers, in beiden Fällen von einer Veränderung der Gewebe und der Flüssigkeiten des Pilzes herrührt. 4) Die Phosphorescenz ist gleich in lufthaltigem Wasser und in freier Luft; allein sie nimmt bei verlängertem Aufenthalt des Pilzes in demselben Wasser allmählich ab, und es läſst sich dann die Gegenwart gelöster Kohlensäure nachweisen. In Wasser, das durch Auskochen luftfrei gemacht worden, hört sie dagegen nach einigen Augenblicken auf, erscheint aber sogleich wieder, so wie man den Pilz an die Luft bringt. 5) Die Phosphorescenz hört auf im Vacuo, im Wasserstoff und in Kohlensäure, kommt aber darauf in Luft wieder zum Vorschein. Ein längerer Aufenthalt in Kohlensäure macht sie immer verschwinden, eben so wie eine sehr kurze Eintauchung in Chlor, welche das Gewebe des Pilzes sichtlich zerstört. 6) Reiner Sauerstoff erhöht den Lichtglanz nicht merklich; er scheint in diesem Gase derselbe zu seyn wie in Luft und lufthaltigem Wasser. 7) Der *Agaricus olearius* erzeugt, wenn er phosphorescirt, eine viel gröſsere Menge Kohlensäure als er unter ähnlichen Umständen aushaucht, wenn seine Phosphorescenzperiode vorüber ist. Dagegen entwickelt er, mag er in dieser Periode befindlich seyn oder nicht, eine gleiche Menge Kohlensäure, wenn er in beiden Fällen einer niedrigeren Temperatur ausgesetzt wird, als zum Entstehen der Phosphorescenz erforderlich ist. Die Phosphorescenz dieses Pilzes ist also an die Erzeugung einer gröſseren Menge Kohlensäure gebunden und muſs daher als ein Verbrennungs-Phänomen betrachtet werden. 8) Dennoch gelang es nicht, in den phosphorescirenden Theilen eine Temperatur-Erhöhung nachzuweisen.

Gedruckt bei A. W. Schade in Berlin, Grünstr. 18.



Wagenschieber sc.


Taf. III.
1.
6.
9.
12.
25.
44.
45.
46.
47.
48.
49.
50.
51.
52.
Guinand
u. Chem. Bd. 97. St. 2.

1856. ANNALEN No. 3.
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND XCVII.

I. *Ueber die Anordnung der Molecule im Krystall;*

von M. L. Frankenheim.

In einer Bd. XCV dieser Annalen abgedruckten Abhandlung habe ich das Gesetz aufgestellt, dafs wenn man sich von allen Voraussetzungen über die Gestalt der Grundform frei erhält und diejenigen Linien zu Axen wählt, bei denen die beobachteten Flächen am einfachsten aufgefafst werden können, die Ausbildung für alle Krystalle identisch sey. Ich will versuchen dieses dort aus den Beobachtungen abgeleitete Gesetz auch theoretisch zu begründen und weiter zu entwickeln.

Der physische Charakter eines Krystalles besteht darin, dafs jeder endliche Theil, der von der Oberfläche so weit entfernt ist, dafs der Einflufs derselben unberücksichtigt bleiben kann, dem andern gleicht, dafs daher eine Kraft, die ein Theil des Krystalls übt, nicht abhängig ist von seiner Stellung, sondern ausschliefslich von der Richtung, in welcher die Kraft wirkt und mit dieser sich verändert.

Bei fast allen Erscheinungen, deren Erklärung es nothwendig macht, auf die Elemente der Körper zurückzugehen, wird vorausgesetzt, dafs diese aus Moleculen bestehen, welche durch Zwischenräume getrennt sind, gegen deren Gröfse die der Molecule selbst als verschwindend klein gedacht wird. So vieles sich auch von empirischem wie philosophischem Standpunkte aus gegen diese Hypothese einwenden läfst, so ist sie bis jetzt die einzige, welche dem Krystallographen wie dem Chemiker eine quantitativ scharfe Entwickelung gestattet. Ob diese Molecule aber als Punkte anzusehen seyen, oder als Körper von endli-

cher, wenn auch sehr kleiner Ausdehnung, oder als Gruppen solcher Punkte oder Körperchen, ist für unsern Zweck gleichgültig. Wer sie nicht als Punkte ansehen will, würde nur statt des Ausdruckes Molecule, den wir der Kürze halber anwenden wollen, *Schwerpunkte* der Molecule sagen müssen.

Die Molecule sind der Sitz von Kräften, die sich durch ihre Intensität und ihre Richtung unterscheiden. In einem homogenen Körper sind die Molecule nebst ihren Kräften einander gleich, in einem Krystall sind sie überdiefs parallel gelagert, d. h.: die Kräfte sind bei allen Moleculen in parallelen Richtungen einander gleich und die Molecule selbst *daher* so gelagert, dafs wenn eine gerade Linie zwei Molecule verbindet, jede andere ihr parallele von einem Molecul ausgehende Linie ebenfalls ein Molecul in gleicher Entfernung treffen würde.

Aus diesem Grundsatze können die wichtigsten Gesetze der Krystallographie ohne weitere Voraussetzung abgeleitet werden.

Die Anordnung der Molecule in der Ebene.

In einer geraden durch zwei Molecule gehenden Linie folgen sich also bis zur Gränze des Krystalls die Molecule in gleichen Intervallen. Eine solche Linie mag *Molecular-Linie* heifsen.

In einer durch drei, nicht in einer geraden Linie liegenden Molecule gehenden Ebene sind diese netzartig vertheilt. Wenn man in einer solchen Ebene zwei Molecular-Linien zu Axen wählt und man bestimmt die Lage eines Punktes durch zwei den Axen parallele Coordinaten, so kann die Gröfse dieser Coordinaten für alle Molecule durch la und mb bezeichnet werden, wenn a und b die Entfernung zweier benachbarten auf einer Axe liegenden Molecule und l und m zwei rationale Gröfsen sind.

Durch dieselben Gröfsen la und mb wird auch die Lage einer durch den Scheitel und das Molecul gehenden Molecular-Linie bestimmt, nur mit dem Unterschiede, dafs es

hierbei nicht auf die absoluten Werthe von l und m, sondern nur auf ihr Verhältnifs ankommt.

Da a und b für alle Molecule eines Systems denselben Werth haben, so reicht die Angabe der Coëfficienten l und m zur Unterscheidung der einzelnen Molecule hin. Die Molecule, deren Coordinaten

$a\ ob,\ oa\ b,\ +a\ +b,\ +2a\ +3b,\ -2a\ -3b,\ 4a\ 6b,$

sind, können daher bezeichnet werden durch

$$10 \quad 01 \quad 11 \quad 23 \quad \bar{2}\bar{3} \quad 46$$

und ebenso die entsprechenden Molecular-Linien, bei denen sich jedoch natürlich die drei letzten Zeichen auf dieselbe Linie beziehen würden.

Man kann die Axen immer so wählen, dafs in dem aus den Intervallen a und b und dem Winkel γ, den sie einschliefsen, gebildeten Parallelogramm kein Molecul sich weder im Innern noch auf den Seitenlinien befindet. Es giebt unendlich viele Axen-Paare, welche dieser Bedingung genügen; aber die auf ihnen gebildeten Parallelogramme haben zwei merkwürdige Eigenschaften: Der Flächen-Inhalt ist bei allen gleich und kleiner als bei einem aus anderen Axen gebildeten Parallelogramme; und die Coëfficienten l und m der Molecule der Ebene sind nicht blofs *rationale*, sondern auch *ganze* Zahlen.

Unter diesen Parallelogrammen giebt es, wenn man die vier von denselben Linien gebildeten als *eins* betrachtet, *ein* Parallelogramm, für besondere Werthe von $b:a$ und γ ihrer zwei oder *drei*, bei denen a und b die möglichst kleinsten Intervalle des Systems sind, der Winkel γ zwischen ihnen also am wenigsten von einem Rechten abweicht. Es mag dieses das *Elementar-Parallelogramm* genannt werden.

In diesem Parallelogramm sey $d^2 = a^2 + b^2 - 2ab\cos\gamma$, die Diagonale des stumpfen von a und b eingeschlossenen Winkels. Da der Voraussetzung nach a und b die kleinsten Intervalle des Systems sind, so wird d, das Intervall der Diagonal-Linie, gröfser seyn als sie, also wenn $b > a$,

wird $d > b$ seyn, und $\cos\gamma$ kann daher niemals gleich oder gröſser werden als $a:2b$.

In einem Systeme von Moleculen, bei denen a das kleinste, b das nächst gröſsere Intervall ist, kann der Winkel γ zwischen ihnen nicht mehr eine beliebige Gröſse haben, sondern muſs stets dem Rechten so nahe stehen, daſs sein Cosinus $< a:2b$ ist.

Ist $\cos\gamma = a:2b$, so ist $d = b$ und die Molecular-Linie, welche das Intervall d enthält, wird der Molecular-Linie durch b vollkommen gleich und gleich gelagert.

Die folgende kleine Tabelle enthält diesen für die Krystallkunde wichtigen Gränzwerth von γ, für verschiedene Verhältnisse von $a:b$.

$a:b$	γ	$a:b$	γ	$a:b$	γ
1,0	60° 0′	0,6	72° 43′	0,3	81° 23′
0,9	65 15	0,5	75 33	0,2	84 16
0,8	66 25	0,4	78 28	0,1	87 8
0,7	69 31				

Je gröſser also der Unterschied von a und b, desto enger ist der Raum, in welchen der Winkel von γ fallen muſs. Wenn $b = 5a$, so fällt γ zwischen 84° 16′ und 90°; oder was damit gleich bedeutend ist, zwischen 90 und 95° 44′. Für $b = 2a$ zwischen 75° 33′ und 90°. Für $a = b$ zwischen 60° und 90°. In keinem Falle kann der Winkel zwischen den Molecular-Linien, welche die kleinsten Intervalle haben, kleiner wie 60° seyn.

Congruenz von Molecular-Linien.

Zwei Molecular-Linien, deren Lage gegen das ganze System von Moleculen übereinstimmt, sind *congruent*. Wenn man das ganze System so wendet, daſs die beiden congruenten Linien ihre Stelle vertauschen, so werden alle Molecule der Ebene in beiden Lagen sich decken. Die auſserhalb der Ebene der congruenten Molecular-Linien befindlichen Theile werden sich entweder ebenfalls decken, oder die beiden Stellungen sich wie ein Spiegelbild zum Originale verhalten.

In der Ebene reicht es zur Congruenz zweier Molecular-Linien hin, dafs ihre Intervalle gleich sind. Nimmt man diese Linien zu Axen und giebt ihnen also die Zeichen 10 und 01, so stehen die Diagonalen des spitzen und des stumpfen Winkels der Elementar-Parallelogramme 11 und $\bar{1}1$ senkrecht auf einander, und das ganze System wird durch diese beiden Linien in vier einander gleiche Stücke getheilt, so dafs die Molecular-Linie lm oder $\bar{l}\bar{m}$ congruent mit ml oder $\bar{m}\bar{l}$ ist. Sämmtliche Molecular-Linien kommen also paarweise vor, nur jene Diagonalen selbst ausgenommen, bei denen natürlich, da $m = l = 1$, ml und lm zusammenfallen.

Andererseits werden da, wo zwei Molecular-Linien perpendicular auf einander stehen, alle übrigen paarweise auftreten; denn nimmt man jene als Axen, so werden lm und $\bar{l}m$ congruent.

Diese Stufe der Symmetrie, welche in der Congruenz von je zwei Molecular-Linien besteht, kann bei zwei von einander wesentlich verschiedenen Anordnungen der Molecule stattfinden.

Erstlich wenn die beiden kleinsten Intervalle rechtwinklig auf einander stehen, das Elementar-Parallelogramm also ein Rechteck ist.

Zweitens wenn entweder $a = b$, also das aus den Intervallen a und b mit dem Winkel γ gebildete Parallelogramm ein Rhombus ist; oder wenn $\cos\gamma = a:2b$ ist, also d, das Intervall in der Diagonale des stumpfen Winkels der Axen, $= b$ und das aus den Intervallen b und d gebildete Parallelogramm ein Rhombus ist.

In beiden Anordnungs-Weisen kann man das System sowohl auf ungleiche aber rechtwinklige Axen als auf congruente aber schiefwinklige Axen beziehen, aber mit folgendem wichtigen Unterschiede. Wenn nämlich in dem *ersten* Falle die Axen parallel den kleinsten Intervallen also rechtwinklig genommen werden, so läfst sich die Lage aller Molecule zum Scheitel, von dem nächsten angefangen, durch

$$01,\ 11,\ 1\bar{1},\ 12\ \ldots$$

also durch ganze positive und negative Coëfficienten bezeichnen. Wir wollen dieses die *normale* Anordnung nennen.

Wenn man dagegen die Axen einander gleich aber schiefwinklig nimmt, so wird die Reihe der Molecule nach ihrer durchschnittlichen Entfernung vom Scheitel geordnet:

$$\tfrac{1}{2}\tfrac{1}{2},\ 10,\ 01,\ \tfrac{3}{2}\tfrac{1}{2},\ \tfrac{1}{2}\tfrac{3}{2},\ 21,\ 12,\ \tfrac{5}{2}\tfrac{1}{2}\ \ldots$$

und die der Molecular-Linien in derselben Reihefolge

$$11,\ 10,\ 01,\ 31,\ 13,\ 21,\ 12,\ 51$$

diese Reihe mag die *anormale* genannt werden.

In dem *zweiten* Falle, wo $b = a$ oder $b = d$, wird die Reihefolge normal, wenn man die Axen den beiden einander gleichen Intervallen parallel nimmt, dagegen anormal, wenn man sie rechtwinklig nimmt.

In beiden Fällen also erscheint die Reihe normal, wenn die Axen den beiden kleinsten Intervallen a und b parallel gestellt werden — oder einem der kleinsten Intervalle und der Diagonale d — und anormal, wenn sie den beiden Diagonalen parallel sind und also die Lage der Molecule nicht mehr durch ganze Zahlen bezeichnet werden kann.

Eine noch höhere Stufe der Symmetrie findet sich in den Systemen, in denen mehr als zwei Molecular-Linien congruent werden können. Es wird dann keine Molecular-Linie, auch nicht die mit dem kleinsten Intervall, isolirt stehen, sondern ebenfalls einer anderen congruent seyn; also $a = b$ und überdiefs $\gamma = 90°$ oder $60°$.

Wenn $\gamma = 90°$, ist die Anordnung der Molecule der Ebene *quadratisch*. Werden die Axen den Richtungen der kleinsten Intervalle parallel gelegt, so sind im Allgemeinen *vier* Molecular-Linien congruent: lm, ml, $l\bar{m}$, $\bar{l}m$, und nur bei 10, 01 und $1\bar{1}$, 11 fallen ihrer je zwei zusammen. Legt man die Axen den Diagonal-Linien 11, $1\bar{1}$ parallel, so wird die Reihe anormal.

Wenn der Winkel γ zwischen den kleinsten Intervallen $= 60°$ ist, so wird die Molecular-Linie, welche zum

Intervall die Diagonale des stumpfen Winkels von a und b hat, den Axen congruent und die Anordnung *hexagonal.* Es werden daher im Allgemeinen *sechs* Molecular-Linien congruent, von denen in besonderen Fällen je zwei zusammenfallen.

Eine Anordnung der Molecule, bei welcher 5, 7 oder mehr Molecular-Linien congruent werden, ist unmöglich. 4 oder 6 können zwar congruent werden, aber dann bilden die Linien, welche die dem Centrum nächsten Molecule mit einander verbinden, kein regelmäſsiges Polygon; nur die abwechselnden Seiten sind einander gleich.

Es giebt also in der Ebene *fünf* Stellungen der Molecule: die tetragonale und die hexagonale, die rectanguläre und die rhombische und die rhomboidische.

Die Anordnung der Molecule im Raume.

Die Lage der Molecule im Raume wird durch drei Coordinaten bestimmt, deren Gröſse, wenn die Axen Molecular-Linien sind, $= la, mb, nc$ ist; a, b und c sind die Intervalle auf den Axen, l, m und n rationale Zahlen. Da a, b, c für alle Molecule eines Systems dieselben Werthe haben, so wird die Lage eines Moleculs durch lmn bestimmt, oder durch $lm\bar{n}$, wenn n eine negative Zahl ist.

Auf dieselbe Weise, da keine Verwechselung zu befürchten ist, können auch die Molecular-Linien bezeichnet werden, wobei es jedoch nicht auf die absoluten Werthe, sondern nun auf das Verhältniſs der Coëfficienten l, m, n ankommt, also auch lmn mit $\bar{l}\bar{m}\bar{n}$ zusammenfällt.

Die Coëfficienten l, m, n sind immer rational, sobald die Axen selbst Molecular-Linien sind. Wenn noch die Bedingung gestellt wird, daſs die Molecule sich bloſs auf den Ecken der kleinen aus den Intervallen a, b, c gebildeten Parallelepipede befinden sollen, so bleibt die Anzahl der Stellungen, welche dieser Bedingung genügen, obgleich beschränkter, immer noch unendlich groſs. Aber die Parallelepipede, welche aus den kleinsten Intervallen aller dieser

Axen gebildet werden, haben sämmtlich denselben Raum-Inhalt. Unter diesen zeichnen sich einige congruente dadurch aus, dafs die Seiten den kleinsten im Systeme vorkommenden und nicht in einer Ebene liegenden Intervallen parallel sind. Es sind dieses die *Elementar-Parallelepipede.*

Damit a, b, c Minima seyn können, also von den Diagonalen jener Parallelepipede keine kleiner wird als das gröfste jener drei Intervalle, müssen die Winkel zwischen ihnen α, β, γ gewissen Bedingungen genügen, die den oben bei der Ebene angeführten ähnlich sind. Es ist jedoch nicht nothwendig hier näher darauf einzugehen.

Im Allgemeinen ist keine Molecular-Linie der anderen *congruent.* Es reicht zur Congruenz im Raume nicht hin, dafs die Intervalle gleich sind, und also eine Symmetrie in der Ebene stattfindet, indem es immer möglich bleibt, dafs ihre Lage zu den aufserhalb der Ebene liegenden Moleculen verschieden ist. Dieses ist z. B. der Fall, wenn zwar $a=b$ die beiden kleinsten Intervalle sind, aber c das nächst gröfsere aufserhalb ihrer Ebene eine ungleiche Neigung zu ihnen hat.

Eine Anordnung der Theile, bei welcher keine Congruenz zwischen zwei Molecular-Linien stattfindet, mag das *triklinische Molecular-System* heifsen.

Die Systeme mit einer höheren Symmetrie.

Die nächst höhere Stufe, das *monoklinische* System, ist da, wo zwei Molecular-Linien, etwa P und Q congruent sind. Soll die oben für die Congruenz angegebene Bedingung erfüllt werden, so mufs einer jeden dritten Molecular-Linie R, welche mit P den Winkel μ und mit Q den Winkel ν macht, eine vierte S congruent seyn, welche sich zu P um ν und zu Q um μ neigt. Wenn $\mu=\nu$ fallen R und S zusammen.

Nimmt man nun den Durchschnitt der beiden durch die Molecular-Linien PQ und RS gehenden Ebenen als Axe A oder 100, und die zwei in jenen beiden Ebenen liegenden, auf A perpendiculäre Linien als Axen $B=010$ und $C=001$, so

werden alle Molecular-Linien des Systems, deren Zeichen lmn und $\bar{l}mn$ sind, einander congruent, so dafs sie sämmtlich, mit alleiniger Ausnahme von 100 und den Linien, deren Zeichen omn ist, paarweise vorkommen.

Um die höheren Stufen von Symmetrie aufzufinden, mufs man zuvörderst die Systeme, bei denen *eine* Molecular-Linie sich von allen übrigen unterscheidet, von denjenigen sondern, bei denen dieses der Fall nicht ist.

In jenen Systemen wollen wir die isolirte Linie stets als Axe *A* nehmen. Um diese müssen alle congruenten Molecular-Linien so geordnet seyn, dafs sie sämmtlich gleiche Winkel mit ihr machen und die auf ihnen dem Kreuzungspunkte der Axen am nächsten liegenden Molecule ein Polygon bilden, dessen Seiten einander entweder sämmtlich, oder doch abwechselnd gleich sind.

Wo *vier* congruente Molecular-Linien so liegen, dafs die auf ihnen stehenden, dem Scheitel nächsten Molecule ein Rechteck bilden, giebt es immer drei auf einander perpendikuläre Linien, die als Axen genommen werden können, nämlich die beiden den Seiten des Rechtecks parallelen Molecular-Linien und die Axe *A* selbst. Es ist dieses das *isoklinische System.*

In diesem Systeme sind stets lmn $\bar{l}mn$ $l\bar{m}n$ $lm\bar{n}$, also vier Molecular-Linien congruent. Wo einer der Coëfficienten $=0$ wird, fallen ihrer zwei zusammen, und wo zwei $=0$ werden, fallen vier zusammen; es sind die Axen selbst.

Wo die Anzahl der congruenten Molecular-Linien *drei* beträgt, stehen die dem Scheitel nächsten, aber nicht in einer Ebene mit ihm stehenden Molecule in einem gleichseitigen Dreieck. Die Molecule sind daher auf den der Axe *A* senkrechten Schichten hexagonal geordnet. Dasselbe ist der Fall, wenn *sechs* oder zwölf Molecular-Linien einander so congruent sind, dafs die dem Scheitel nächsten, auf ihnen liegenden Molecule ein regelmäfsiges Sechseck oder ein Sechs- oder Zwölfeck mit abwechselnd gleichen Seiten bilden. Von diesen Polygonen hängt auch die Anzahl der

einander congruenten Molecular-Linien ab. Es ist das *hexagonale* System.

Wenn die dem Scheitel nächsten, auf *vier* congruenten Molecular-Linien liegenden Molecule ein Quadrat bilden, oder die auf *acht* liegenden ein Achteck mit abwechselnd gleichen Seiten, so läſst sich das System auf drei einander perpendikuläre Axen reduciren, von denen zwei einander congruent sind. Es ist das *tetragonale* System.

Von den Molecular-Linien lmn, von deren Coëfficienten weder eins $= o$ noch einem anderen gleich ist, sind je 8 congruent

$$lmn \quad \bar{l}mn \quad l\bar{m}n \quad lm\bar{n}$$
$$lnm \quad \bar{l}nm \quad l\bar{n}m \quad ln\bar{m}$$

diese reduciren sich, wenn $l = o$ auf *vier*, wenn $m = n$ oder m oder $n = o$ ebenfalls auf *vier*, wenn $l = o$ und $m = o$ oder $= m\, n$ auf *zwei* und wenn $m = n = o$ auf *eins*.

Was nun diejenige Stellung der Molecule betrifft, bei welcher einer jeden Molecular-Linie wenigstens *eine* andere congruent ist, so wird dieses auch bei der Molecular-Linie mit den kleinsten Intervallen der Fall seyn. Für dic Neigung dieser zwei congruenten Linien sind aber nur zwei Werthe möglich, ein Rechter oder zwei Drittel eines Rechten, weil sonst wenigstens eine der Diagonalen eine von den übrigen Molecular-Linien ausgezeichnete Stellung erlangen würde. In dem ersten Falle wird die Anordnung der Molecule in der Ebene der Molecular-Linien mit den kleinsten Intervallen tetragonal, in dem zweiten hexagonal.

Es ergiebt sich aber durch eine genaue Untersuchung der mit jener Bedingung verträglichen Systeme, daſs beides zu gleicher Zeit stattfindet, und das ganze System auf drei congruente rechtwinklige Axen geführt werden kann, wobei die Schichten senkrecht auf den Axen eine tetragonale, die zu den drei Axen gleich geneigten eine hexagonale Anordnung der Molecule haben. Es ist das *tesserale* System.

Es sind in diesem Systeme im Allgemeinen 24 Molecular-Linien einander congruent, nämlich

$$lmn \quad mnl \quad nlm \quad lnm \quad nml \quad mln$$

in jedem l, m oder n positiv oder negativ genommen. Wenn einer oder zwei Coëfficienten $=0$ sind, wenn zwei oder alle drei Coëfficienten einander gleich werden, oder wenn einer $=0$, die anderen einander gleich werden, wird die Anzahl der congruenten Molecular-Linien auf 12, 6, 4 oder 3 reducirt.

Es giebt also *sechs* Molecular-Systeme, das triklinische, das monoklinische, das isoklinische, das hexagonale, das tetragonale und das tesserale, und *nur* diese; andere sind bei einer netzartigen Anordnung der Molecule, d. h. der einzigen, welche mit dem Princip der Krystallbildung vereinbar ist, unmöglich [1]).

Die Stellung der Molecule.

Innerhalb eines Molecular-Systems unterscheiden sich die verschiedenen Anordnungs-Weisen in der Gröfse der Intervalle und der Winkel. Aber auch abgesehen davon giebt es in jedem Systeme — das triklinische ausgenommen — wesentlich verschiedene *Stellungen*, die wir als Unterabtheilungen der Systeme ansehen können.

Um diese anschaulich zu machen, ist es am besten eine ebene Schicht von Moleculen, also eine Molecular-Fläche als Grundfläche anzunehmen, und die Anordnung der Molecule in ihr, so wie die Entfernung und die Projections-Oerter der Molecule der benachbarten Schicht zu bestimmen. Diese Projection hat natürlich dieselbe Anordnung wie die Molecule der Grundfläche selbst, nur ist sie gegen diese verschoben, so dafs in der Regel die Projection eines Moleculs der benachbarten Schicht in das Innere eines Elementar-Parallelogramms der Grundfläche fällt, nur in besonderen Fällen in die Ecken oder Ränder desselben. Aber gerade diese Stellungen, so wie diejenige, wo die Projection in das Centrum fällt, sind von Interesse, weil sie auf höhere Stufen von Symmetrie führen.

1) Den Beweis für diesen, wie für verwandte Sätze habe ich in Crelle's Journal für Math. schon i. J. 1832, Bd. VIII, S. 172 gegeben. Es war dieses, wie ich glaube, der erste Versuch einer analytischen Behandlung der Krystallographie.

Wir wollen die Stellungen, wo die verticale Projection auf die Ebene der Parallelogramme, also in die Molecule, der Grundfläche selbst fällt, *rectangulär*, wo sie ins Centrum fällt, *central*, und wo sie in die Mitte zweier parallelen Seiten fällt, *lateral* nennen.

In dem *triklinischen* Systeme findet zwischen den verschiedenen Molecular-Anordnungen kein anderer Unterschied statt als die individuellen der Intervalle und der Winkel.

Die Stellungen des monoklinischen Systems.

In dem *monoklinischen* Systeme tritt jener Unterschied schon ein. Wir wollen die Ebene der beiden auf der *Hauptaxe A* senkrechten, schiefwinklig gegen einander geneigten Axen als Grundfläche nehmen. Es sind alsdann *zwei* Stellungen möglich:

1) Die *rectanguläre.* Die Projection der nächsten also aller Schichten fällt in die Oerter der Molecule der Grundfläche. Das Intervall a ist die Entfernung zweier benachbarten Schichten und von den aufserhalb der Ebene BC liegenden Intervallen das kleinste.

Wenn B und C die kleinsten Intervalle der Ebene BC haben, so ist es möglich die Lage aller Molecule gegen die Axen A, B, C durch ganze Zahlen zu bezeichnen; die Reihefolge ist *normal.*

2) Die *centrale.* Die Projection fällt in die Mitte der aus den Intervallen von B und C gebildeten Parallelogramme. Die Entfernung benachbarter Schichten ist also $=\frac{1}{2}a$. Die drei kleinsten Intervalle im Systeme liegen nicht in den drei Axen, sondern wenigstens eine derselben, zuweilen alle drei, sind gröfser als das kleinste Intervall zweier Molecule benachbarter Schichten. Und da die Eigenschaften, durch welche die krystallisirten Körper sich von den sogenannten amorphen und den flüssigen unterschieden, unstreitig zum grofsen Theile auf der relativen Entfernung der Molecule beruhen, so kann auch der Unterschied der centralen und der rectangularen Stellung, ungeachtet der

Uebereinstimmung in der Stufe der Symmetrie, nicht ohne wesentlichen Einfluſs seyn.

Wenn die Intervalle der Axen B und C die kleinsten in ihrer Ebene sind, oder das aus ihnen gebildete Parallelogramm zu denen mit dem kleinsten Flächen-Inhalte gehört, so ist die Reihefolge aller Molecule der Grundfläche *normal.* Ebenfalls normal ist die Anordnung in den Ebenen von AB und AC, also überall, wo ein Coëfficient $=0$ ist. Aber für die Molecule, wo dieses nicht der Fall ist, wird die Reihefolge derselben, von ihrer mittleren Entfernung vom Scheitel an gerechnet und von $\pm$ Vorzeichen abgesehen

$$\tfrac{1}{2}\tfrac{1}{2}\tfrac{1}{2},\ \tfrac{3}{2}\tfrac{1}{2}\tfrac{1}{2},\ 211,\ \tfrac{3}{2}\tfrac{3}{2}\tfrac{1}{2},\ \tfrac{5}{2}\tfrac{1}{2}\tfrac{1}{2},\ \tfrac{5}{2}\tfrac{3}{2}\tfrac{1}{2}\ \ldots;$$

wobei die gröſseren Zahlen, die hier in das erste Glied gestellt sind, auch in das zweite und dritte kommen können. Die Reihe ist also *anormal.*

Man kann diese Stellung auch als *lateral* auffassen, wenn man die Diagonale des Parallelogramms, in dessen Centrum die Projection fällt, als Axe B nimmt und zur Axe C eine Molecular-Linie wählt, deren Intervall möglichst klein ist. In diesem Falle ist die Anordnung in den Ebenen von BC und AC normal; in der Ebene AB anormal und wo kein Coëfficient $=0$ ist:

$$\tfrac{1}{2}\tfrac{1}{2}1,\ 111,\ \tfrac{3}{2}\tfrac{1}{2}1,\ \tfrac{1}{2}\tfrac{1}{2}2,\ \tfrac{3}{2}\tfrac{1}{2}1;$$

also noch mehr von der normalen abweichend, als die anormale, welche doch mit der normalen als erstes Glied **111** gemein hat. Wir können sie die *dyanormale* nennen.

Wenn man die Bedingung festhalten wollte, daſs die kleinsten Intervalle der Ebene BC stets in diese Axen selbst fallen, so würden die centrale und die laterale Stellung scharf getrennt werden müssen. Es ist jedoch zweckmäſsiger in diesen wie in verwandten Fällen keine Trennung vorzunehmen, da bei beiden Auffassungen das aus den Intervallen der Axen BC construirte Parallelogramm den möglichst kleinsten Inhalt hat, eine Seite beiden gemein ist und der Unterschied nur darin besteht, daſs was in jener eine Seite, in dieser Auffassung eine Diagonale ist.

Es ist auch noch eine dritte einfache Auffassung dieser

Stellung möglich, nämlich eine Grundfläche mit rhombischer Anordnung der Molecule und eine auf die Diagonale des Rhombus fallende Projection. Die Reihefolge wird *normal*, wenn man die Axen den Kanten eines passend gewählten schiefen rhombischen Prismas parallel nimmt.

Die Stellungen des isoklinischen Systems.

Mit der Möglichkeit einer Reduction auf drei einander perpendiculäre und ungleiche Axen lassen sich drei Stellungen vereinigen:

1. Die *rectanguläre*. Die Ebene der Grundfläche ist die der Axen B und C. Die Molecule sind in ihr rectangulär geordnet. Die Projection fällt auf die Molecule selbst. Die kleinsten Intervalle sind die der drei Axen selbst.

Die Reihefolge ist normal.

2. Die *centrale*. Die Ebene der Grundfläche ist die der Axen B und C und die Anordnung in ihr rectangulär. Die Projection fällt in die Mitte der aus den Intervallen b und c gebildeten Rechtecke. Die Entfernung der Schichten $= \frac{1}{2} a$, und die Entfernung der zwei nächsten Theile benachbarter Schichten ist kleiner als eins der drei Intervalle der Axen, möglicher Weise die kleinste im Systeme.

Die Reihefolge ist ganz gleich der gleichnamigen des monoklinischen Systems.

Man kann statt der Fläche der Axen B und C auch die von A und B oder A und C als Basis nehmen. Die Anordnung der Molecule ist daher in Beziehung auf die drei Axen, abgesehen von der Verschiedenheit der Intervalle, symmetrisch.

3. Die *laterale*. Die Ebene der Grundfläche ist die der Axen B und C und die Anordnung in ihr rectangulär. Die Projection fällt in zwei parallele Seiten des Rechtecks, die der Axe B parallel sind. Die Entfernung benachbarter Schichten $= \frac{1}{2} a$, und die kleinste Entfernung zwischen zwei auf verschiedenen Schichten liegenden Moleculen ist kleiner als a oder b, zuweilen kleiner als beide.

Die Reihefolge ist normal für die Ebenen BC und AC;

anormal für AB und dyanormal für die Molecule, deren Coëfficienten weder Null noch einander gleich sind.

Man kann dieselbe Anordnung auch anschaulich machen durch eine rhombische Grundfläche mit einer auf die Molecule selbst fallenden Projection. Nimmt man die Axen den passend gewählten Kanten eines geraden rhombischen Prismas parallel, so wird die Reihefolge normal. Die Axe des Systems, welche den Seitenkanten dieses Prismas parallel ist, kann als Hauptaxe angesehen werden.

4. Die *rhombische.* Die Grundfläche ist rhombisch geordnet, die Axen B und C sind die Diagonalen des Rhombus. Die Projection der nächsten Schicht fällt in die Mitte desselben. Von den Intervallen der rechtwinkligen Axen gehört höchstens *eins* zu den kleinsten des Systems.

Die Reihefolge ist anormal für alle drei Ebenen der Axen, dyanormal für die Molecularlinien, von deren Coëfficienten keiner weder 0 noch einem anderen gleich ist.

Man könnte diese Stellung auch so anschaulich machen: die Grundfläche rectangulär, aber so, dafs in dem Mittelpunkte eines jeden Rechtecks ein Molecul ist. Die Projection der benachbarten Schicht fällt auf die Mitte aller Seiten des Rechtecks.

Man kann auch hier jedes Paar Axen als Basis nehmen. Die drei Axen haben also ebenfalls eine symmetrische Lage zu dem System.

Die Stellungen des tetragonalen Systems.

Die Axen B und C sind congruent und rechtwinklig gegeneinander und zur *Hauptaxe A* geneigt. Der Stellungen giebt es zwei. In beiden ist die Grundfläche in der Ebene von B und C.

1. Die *rectanguläre* Stellung. Die Projection der Molecule der nächsten Schicht fällt in die Orte der Molecule der ersten. Die Intervalle a und $b = c$ sind die kleinsten im Systeme. Reihefolge normal.

2. Die *centrale* Projection fällt in die Mitte der Quadrate der Grundfläche. Die kleinsten Intervalle zwischen

zwei Moleculen benachbarter Schichten, deren vier congruent sind, sind kleiner als a oder b, zuweilen die kleinsten im Systeme.

Die Entfernung zweier benachbarter Schichten $= \frac{1}{2}a$; Reihefolge anormal, ganz derjenigen der centralen Stellung der früher behandelten Systeme gleich.

Wenn statt der Linien mit dem kleinsten Intervall in der Ebene BC die zwei ebenfalls congruenten Diagonalen als Axen genommen werden, so wird die Reihefolge in der rectangulären Stellung normal für lmo; anormal für omn und dyanormal für lmn.

Für die centrale Stellung wird alsdann lmo und omn anormal, lmn dyanormal.

Die Stellungen des hexagonalen Systems.

In den den Axen B, C parallelen Schichten sind die Molecule hexagonal geordnet. Man könnte zwar dieses System auf zwei unter 60° geneigte Axen und eine dritte ihnen perpendikulare Axe A reduciren; aber die Congruenz von B und C mit der Diagonale D des stumpfen Winkels macht eine Bezeichnung zweckmäfsig, in welcher sich diese Congruenz von B, C und D ausspricht.

Dieses geschieht, wenn die Lage eines Moleculs durch Linien bestimmt wird, welche perpendiculär auf den Axen stehen. Die Entfernungen der Punkte, wo die Axen durch die aus dem Molecul gefällten Perpendikel erreicht werden, sind die Coordinaten desselben. Diese Linien werden übrigens fast in jeder Hinsicht so behandelt, wie die gewöhnlichen den Axen parallelen Coordinaten.

In dem hexagonalen Systeme hat also jeder Punkt *vier* Coordinaten, von denen sich der erste la auf die *Hauptaxe* A, die anderen mb, nb, pb auf die Nebenaxen B, C und D beziehen. Das Zeichen eines Moleculs oder einer Molecular-Linie ist $lmnp$.

m, n, p sind nicht unabhängig von einander, sondern müssen der Gleichung $m+n+p=0$ genügen.

Die congruenten Molecular-Linien sind daher

$$lmnp \quad lnpm \quad lpmn$$
$$lmpn \quad lnmp \quad lpnm,$$

diese sechs Linien können für gewisse Werthe der Coëfficienten auf *drei* oder auch auf *eine* reducirt werden.

Es giebt in diesem Systeme zwei Stellungen, die beide mit hexagonaler Grundfläche aufgefafst werden können.

1. Die *rectanguläre.* Die Projection der benachbarten und also aller Schichten fällt in die Molecule der Grundfläche selbst. Das Intervall a ist das kleinste aufserhalb der Grundfläche. Die Reihefolge ist normal.

2. Die *centrale.* Die Projection der Molecule der benachbarten Schicht fällt in die Mitte derjenigen gleichseitigen Dreiecke der Grundfläche, deren Seiten von den Winkeln aus dieselbe Richtung haben. Diese Dreiecke berühren sich nur an den Ecken. Ihre Zwischenräume bilden die zweite Klasse gleichseitiger Dreiecke, deren Seiten eine entgegengesetzte Richtung haben. In das Centrum der letzten fällt also die Projection keines Moleculs.

Die Entfernung benachbarter Schichten ist $\frac{1}{2}a$ und das kleinste Intervall zwischen Moleculen, die in verschiedenen Schichten liegen, ist daher kleiner als a oder b, möglicher Weise das kleinste im Systeme. Die Reihefolge ist anormal.

Bei der *rectangulären* Stellung findet aufser der oben angegebenen Congruenz von *sechs* Molecular-Linien noch diejenige zwischen $lmnp$ und $\bar{l}mnp$ statt, so dafs ihrer *zwölf* congruent werden. Bei der *centralen* ist diese Congruenz nicht vorhanden; man kann diesen wichtigen Unterschied schon in der Bezeichnung dadurch andeuten, dafs man bei der centralen Stellung des hexagonalen Systems die drei aufserhalb der Ebene BCD gelegenen einander congruenten Molecular-Linien mit den kleinsten Intervallen zu Axen wählt. Bei dieser Auffassung ist die Reihe normal.

Die Stellungen des tesseralen Systems.

Drei verschiedene Stellungen sind mit der Reduction auf drei congruente einander perpendiculäre Axen ver-

einbar. Die Grundfläche immer quadratisch und zwei congruenten Axen parallel genommen.

1. Die *rectanguläre.* Die Projection fällt in die Molecule der Grundfläche selbst. Das Intervall *a* der *drei* Axen ist das kleinste im Systeme; die Reihefolge ist normal.

2. Die *centrale.* Die Projection fällt in die Mitte der Quadrate der Grundfläche. Die *vier* congruenten Molecular-Linien, welche durch die zwei nächsten Molecule benachbarter Schichten gehen, haben das kleinste Intervall im System; die Reihefolge ist anormal und derjenigen der centralen Stellung in anderen Klassen gleich.

3. Die *laterale.* Die Grundfläche ist zwar quadratisch, aber in der Mitte eines jeden Quadrats ist ein Molecul. Die Projection der Molecule der benachbarten Schicht fällt in die Mitte der Seiten jenes Quadrates. Das Intervall von einem Molecul nach dem Endpunkte der Seiten, über deren Mitte es liegt, ist das kleinste im System. Es giebt sechs congruente Molecular-Linien mit diesem Intervall.

Die Reihefolge der Molecule ist anormal für die Ebene zweier Axen, dyanormal für *lmn.*

Es giebt also 14 verschiedene von der Wahl der Axe unabhängige Stellungen der Molecule, von denen *eine* dem triklinischen Systeme, *zwei* dem monoklinischen, *vier* dem isoklinischen, *zwei* dem tetragonalen, *zwei* dem hexagonalen und *drei* dem tesseralen Systeme angehören.

Das Verhältnifs der Molecular-Anordnung zur Krystallform.

Was über die Anordnung der Molecule gesagt werden mag, bleibt in sofern immer Hypothese, als Niemand sie beobachten kann. Aber zwischen dem, was sich mit Nothwendigkeit aus der Molecular-Theorie ergiebt, und den Gesetzen der Krystallographie, findet eine entschiedene Uebereinstimmung statt.

Die *sechs* Systeme der Molecule entsprechen den *sechs* Systemen der Krystallographie, welche genau auf derselben Stufe der Symmetrie stehen, so vollständig, dafs ich kein

Bedenken getragen habe, sie auf gleiche Weise zu benennen.

In jedem dieser Krystall-Systeme, das triklinische ausgenommen, unterscheiden sich die einzelnen Krystall-Gattungen nicht nur durch die Gröfse der Intervalle und der Winkel, sondern auch durch die Lage der Spaltungsflächen, die Härte und vor Allem durch die Ausbildung in einer Weise, welche in der Lage und dem Verhältnifs der Axen durchaus keine Erklärung findet. Einige dieser Unterschiede sind schon von Haüy, als das Resultat verschiedener Grundformen, aufgefafst. Aber die Mittel, welche wir zur Unterscheidung dieser Grundformen besitzen, sind so unzureichend, dafs die Anzahl und die Gestalt der Grundformen in sehr ungleicher Weise angegeben wird, und viele Krystallographen sie ganz verwerfen, indem sie die Eigenschaften, welche auf ihre Unterscheidung führen, für unwesentlich halten.

Die Annahme einer Grundform, man mag diese als die Gestalt der Molecule oder als diejenige der Gruppen von Moleculen ansehen, erscheint allerdings unzulässig, weil sie das postulirt, was sie beweisen soll, indem sie z. B. die Frage, warum es keinen einzigen Krystall in Prismen oder Doppel-Pyramiden mit regulär fünf- oder achtseitiger Basis gebe, da doch regulär vier- und sechsseitige Formen sehr häufig sind, auf keine andere Weise zu beantworten weifs, als mit der Behauptung die Natür habe eben jene Formen nicht hervorgebracht.

Bei der Entwickelung der den Gesetzen der Anordnung der Molecule entsprechenden Formen wird nichts vorausgesetzt; die *sechs* Klassen, welche die Erfahrung bei den Krystallen nachgewiesen hat, ergeben sich auch als nothwendiges Resultat rein theoretischer Untersuchungen, und wir dürfen daher auch hoffen die Unterabtheilungen in den Anordnungs-Weisen der Molecule bei den Krystallen wiederzufinden.

Ich habe schon i. J. 1835 in meiner Cohäsionslehre angegeben, und zwar von denselben Principien ausgehend,

wie in dieser Abhandlung, dafs sich die Krystalle in *fünfzehn* Familien theilen lassen und in dem 1842 erschienenen System der Krystalle sogar den Versuch gemacht, sämmtliche damals bekannte Krystallformen nach jenen 15 Familien zu ordnen. Diese Eintheilung unterscheidet sich von der gegenwärtigen blofs dadurch, dafs ich es jetzt zweckmäfsiger finde, in dem monoklinischen Systeme zwei der damals angenommenen Unterabtheilungen zusammenzufassen, und demnach statt *drei* ihrer blofs *zwei* anzunehmen. Ich will, was ich früher unterlassen habe, die Uebereinstimmung der aus der Molecular-Theorie abgeleiteten Eintheilung mit derjenigen, welche sich aus der Beobachtung der Krystalle ergiebt, näher begründen.

Die Uebereinstimmung der moleculären und krystallographischen Systeme vorausgesetzt, ist es unzweifelhaft, dafs in den tesseralen, tetragonalen und isoklinischen Systemen, so wie für die Axe A des hexagonalen und des monoklinischen Systems die moleculären Axen mit den krystallographischen zusammenfallen. Aber bei den schiefwinkligen Axen B, C der monoklinischen und hexagonalen Systeme und im triklinischen ist diese Uebereinstimmung keineswegs entschieden. Die Lage der Krystallflächen zu den Molecular-Ebenen kann namentlich in zweifacher Weise stattfinden; entweder indem die Molecular-Linien den Krystall-Kanten oder indem sie den Normalen der Flächen parallel sind.

Die Frage hat einige Aehnlichkeit mit der optischen, wo es ungewifs ist, ob bei dem durch Reflexion polarisirten Lichte die Aetheriheilchen in der Reflexions-Ebene schwingen oder perpendikulär darauf. In der Krystallkunde ist jedoch die Antwort leichter zu finden.

Dem Anschein nach am anschaulichsten ist die Auffassung, dafs die Krystallflächen den Schichten der Molecule parallel sind, und in der That liegt diese Ansicht auch der Haüy'schen, von der hier vorliegenden übrigens gänzlich verschiedenen Theorie zu Grunde. Die Molecular-Linien entsprechen den Kanten der Krystalle, und die Molecular-Linien

mit den kleinsten Intervallen sind denjenigen Kanten parallel, welche als Axen genommen für die Bestimmung der Flächen die einfachsten Coëfficienten zulassen, d. h. den Kanten der Grundformen, wenn diese möglichst gut gewählt sind. Die am häufigsten vorkommenden und durch ihre Spaltbarkeit ausgezeichneten Flächen sind denjenigen Molecular-Schichten parallel, welche die Molecular-Axen in den Entfernungen vom Scheitel

$$a\ \infty b\ \infty c,\quad \infty a\ b\ c,\quad a\ b\ c\ \ldots$$

treffen, wenn a, b, c die Intervalle auf den Axen sind, wobei natürlich die Coëfficienten auch anders geordnet seyn können. Auf diese folgen Flächen, welche durch die Entfernungen

$$a\ 2b\ \infty c,\quad a\ 2b\ c,\quad a\ 2b\ 2c,\quad a\ 3b\ \infty c\ \ldots$$

geben. Man sollte nun erwarten, dafs die dann am häufigsten vorkommenden Flächen die Coëfficienten 2 und 3 haben würden, dafs also unter den Flächen, deren Coëfficienten weder $= \infty$ noch einander gleich sind, die häufigste diejenige seyn würde, welche die Axen in den Entfernungen $3a\ 2b\ c$ treffen würde. Aber so ist es nicht. Eine Fläche, welche die Axen in diesen Entfernungen träfe, deren Zeichen also nach Weifs Terminologie $(3a{:}2b{:}c)$ seyn würde, ist vermuthlich noch niemals beobachtet worden. Die am häufigsten vorkommende Fläche dieser Art hat weit minder einfache Coëfficienten, indem sie die Axen in den Entfernungen $2a$, $3b$ und $6c$ trifft.

Diese Anomalie ist durch keine Umgestaltung der Axen zu beseitigen, und wird nur verhüllt, aber nicht entfernt, wenn man statt ganzer Zahlen Brüche setzt, also für jene Fläche $(a{:}\frac{1}{2}b{:}\frac{1}{3}c)$. Bei der Annahme eines Parallelismus der Molecular-Linien mit den Kanten ist jenes Vorkommen unerklärlich.

Sobald man dagegen die *Normalen* den Molecular-Linien parallel setzt, nimmt die Ausbildung der Krystalle die einfachste Gestalt an. Die Normalen, die, zu Axen genommen, für alle beobachteten Formen die einfachsten Zeichen zulassen, werden in der Regel den Molecular-Linien mit den

kleinsten Intervallen parallel. Die durch die Häufigkeit des Vorkommens und durch Spaltbarkeit ausgezeichneten Flächen entsprechen den Molecular-Linien **100 011 111 211** . . . . und von den Molecular-Linien, bei welchen ein Coëfficient weder $=0$ noch einem anderen gleich ist, entspricht **321** der nach jenen gewöhnlichsten, meistens der allein noch beobachteten Fläche.

Die Spaltungs-Flächen.

Wenn schon die Gestalt der Krystalle ein Resultat der Anordnung der Molecule ist, so wird dieses in noch höherem Grade bei den *physischen* Eigenschaften der Fall seyn, welche von vielen auf die äufsere Form einwirkenden Ursachen nicht berührt werden.

Die physischen Eigenschaften, welche ein Krystall in einer gegebenen Richtung hat, hängen ab von der Substanz des Körpers, oder was dasselbe ist, von den den Moleculen inwohnenden Kräften und dem Verhältnifs der Intervalle in verschiedenen Richtungen. Der Einflufs der Krystallisation zeigt sich in der ungleichen Vertheilung dieser auch in den sogenannten amorphen Körpern stattfindenden Kräfte, nach den verschiedenen krystallographischen Richtungen.

Es ist zwar bis jetzt noch bei keiner Art von Wirkung, auch den optischen nicht, gelungen, diese Function genau zu bestimmen; aber so viel steht mit wenigen und unsicheren Ausnahmen fest, dafs bei Körpern von gleicher Krystallform die Intensitäten einer von der Richtung abhängigen physischen Wirkung stets in derselben Reihefolge stehen, so dafs, wenn z. B. bei einem Krystall die Geschwindigkeit des Lichts in einer gewissen Richtung gröfser ist als in einer anderen, dieses in den entsprechenden Richtungen eines isomorphen Körpers ebenfalls der Fall seyn wird, so verschieden auch die *mittlere* Geschwindigkeit des Lichts in beiden Körpern seyn mag.

Ich will mich hier auf die Spaltbarkeit beschränken und

behalte mir vor in einem anderen Abschnitte auf die optischen Eigenschaften überzugehen.

Diese hat zwar nicht die Eigenschaft der Härte und der Elasticität an Intensität *allmählich* zu steigen oder zu fallen, bis in einer gewissen Richtung ein Maximum oder ein Minimum eingetreten ist. Indessen sind die Flächen der leichtesten Spaltbarkeit jedenfalls Minima der Festigkeit, wo eine Trennung der Theile weniger Kraft verlangt als in den benachbarten Richtungen. Die durch einen Stofs erzeugten Wellen bringen im Körper an einigen Orten eine Dilatation hervor, welche bei einer gewissen Intensität eine bleibende Veränderung zur Folge hat. Diese besteht bei zähen Körpern in einem Länger- und Dünnerwerden der von dem Stofse am meisten betroffenen Stellen und führt allmählich auf den bei den weichen Metallen charakteristischen hakigen Bruch. Bei den sogenannten amorphen Körpern, die gewöhnlich nur ein Aggregat sehr kleiner in der Regel ungleichartiger Individuen sind, wird die Bruchfläche zu einem Aggregat krummer von der Gestalt der sich vielfach kreuzenden Wellen abhängiger Flächen und erlangt ein muschliges Ansehen.

Krystalle dagegen werden, aus ähnlichen Gründen wie Holz und andere Aggregate, sich in denjenigen Ebenen trennen, wo die Anziehung am kleinsten ist, nur mit dem Unterschiede, dafs die Trennung, welche bei dem Holze schon als Gränze verschiedener Individuen vorhanden war, sich bei den Krystallen erst bildet und durch jeden Punkt des Körpers gehen kann.

Sollte es nun wirklich möglich seyn, dafs für zwei in Form und Inhalt kaum zu unterscheidende Körper die Minima der Festigkeit in ganz abweichende Richtungen fallen sollten, ja dafs zuweilen eine Richtung in dem einen Körper ein Minimum erlangen könnte, welche in dem anderen einem Maximum entspricht?

Nach Beobachtungen, die an einigen Krystall-Gattungen angestellt sind, scheint dieses wirklich der Fall zu seyn. Man findet nicht selten, dafs einige in den Winkeln über-

einstimmende, in der chemischen Zusammensetzung wenig abweichende Arten gänzlich verschiedene Spaltungs-Richtungen haben. Im *Augit* z. B. ist die Spaltung nach dem Prisma von 93° in der Regel entschieden leichter als nach den Abstumpfungen seiner Kanten. Aber im Bronzit und Hypersthen findet sich eine fast glimmerartige Spaltung nach der geraden Abstumpfung der scharfen Kante. Aehnliches in der *Hornblende*, wo die in der Regel sehr deutlichen Spaltungen nach dem Prisma von 124° von derjenigen, welche einer Abstumpfung der Kanten parallel ist und jenen in der Regel beinahe gleich steht, zuweilen weit übertroffen werden.

Aber in vielen und gerade den auffallendsten Beispielen dieser Anomalie hat sich bei genauer Untersuchung ergeben, dafs die Erscheinung, welche für Spaltbarkeit gehalten wurde, blofs die Folge einer Einlagerung eines fremden Stoffes, gewöhnlich von Glimmerblättchen war.

Ueberhaupt wird die Absonderung, die weiter nichts ist, als das Blofslegen einer schon *vor* der Trennung vorhandenen Gränzfläche zweier gleichartiger oder ungleichartiger Individuen, so gar oft nur ein feiner Sprung, der dem hygroskopischen Wasser und anderen Stoffen den Eintritt verstattet, sehr häufig mit der wahren Spaltbarkeit, wo die Trennungs-Fläche erst erzeugt wird, verwechselt. Der oft angegebene blättrige Bruch mit fasrigen, gestreiften oder matten Flächen ist niemals eine wahre Krystall-Spaltung; und die bei Afterformen sehr häufig beobachtete Spaltbarkeit nach Richtungen, welche im ursprünglichen Krystall stattfinden, geben nun einen Beweis mehr, wie leicht die Trennung von Individuen mit der Spaltung von Krystallen verwechselt werden kann.

Wenn in diesen und anderen Beispielen durch Einlagerung fremder Stoffe oder auch von kleinen Höhlungen eine Spaltungs-Fläche in einer gewissen Richtung hervorgebracht wird, welche sonst fehlt, so wird durch Einlagerung anderer Art oft eine Spaltungs-Richtung verdeckt oder ein Unterschied zwischen Richtungen hervorgebracht, die krystallographisch einander gleich sind.

Dieses ist sehr häufig bei Feldspath und Skapolith, bei Augit und Hornblende, bei den dem Kalkspath und dem Aragonit isomorphen Salzen und vielen anderen, welche in der Regel ein Gemisch mehrerer isomorpher Verbindungen sind. Sie bilden einen auffallenden Gegensatz zu den wirklich homogenen Varietäten gleicher Form. Diese sind durchsichtig, haben glatte Krystall- und Spaltungs-Flächen, und die letzten in einem weit höheren Grade von Vollkommenheit als die gemischten Varietäten.

Man vergleiche den reinen Doppelspath mit den Talk-, Eisen- und Mangan-haltigen Kalkspäthen, die sämmtlich weder gut spiegeln, noch durchsichtig sind, obgleich sie keinen undurchsichtigen Bestandtheil enthalten, noch so glatte Krystallfläche haben, noch so gleichförmig spaltbar sind. Geringe Beimengungen von Strontian machen den Aragonit trübe, ein sicheres Zeichen, dafs der Lichtstrahl im Innern solcher Gemische, auch wenn sie isomorph sind, häufig gebrochen und reflectirt wird, und die Zusammensetzungs-Stücke im Verhältnifs zur Wellenlänge keineswegs zu vernachlässigende Durchmesser haben. Die Verbindungen isomorpher Körper sind gerade wie die nicht isomorpher Krystalle, nichts als ein Aggregat von Krystallen, oft von erkennbarer Gröfse, nur dafs die Uebereinstimmung der Form auch eine regelmäfsige Lagerung zuläfst und dem Ganzen eine krystallinische Begränzung leichter anzunehmen erlaubt wie den Aggregaten heterogener Körper, bei denen übrigens eine krystallinische Begränzung bekanntlich ebenfalls nicht selten ist. Bei chemisch reinen Körpern, welche die Natur freilich nur sehr selten darbietet, sind diese Anomalien in der Spaltbarkeit, Glätte und Durchsichtigkeit, so viel ich weifs, niemals beobachtet worden, ausgenommen an Körpern, welche eine isomere oder sonst chemische Umwandlung erfahren haben und daher eigentlich als After-Krystalle anzusehen sind.

Die Spaltbarkeit ist also keine von den Winkeln der Ausbildung und dem chemischen Gehalte unabhängige Eigenschaft. Sie ist für eine jede Krystall-Gattung ebenso

charakteristisch, wie die Krystallform selbst, und die Uebereinstimmung erstreckt sich auch auf die isomorphen Körper, zwischen denen zwar in der Intensität der Spaltbarkeit ein Unterschied stattfinden kann, aber keiner in den Richtungen selbst.

Was nun die Lage der Spaltungs-Flächen zu den krystallographischen Axen betrifft, so habe ich schon früher nachgewiesen, dafs sie bei normaler Ausbildung der Krystalle den Axen selbst perpendikulär sind, und da diese den Molecular-Linien mit den kleinsten Intervallen entsprechen, so werden die Spaltungs-Flächen auf diesen Molecular-Linien perpendikulär stehen.

Wir können aber noch weiter gehen und nachweisen, dafs auch da, wo sich das System nicht ohne der Symmetrie zu schaden, auf drei Axen zurückführen läfst, oder wo die Ausbildung anormal ist, die Spaltungs-Flächen stets den Molecular-Linien mit den kleinsten Intervallen entsprechen, und zwar so, *dafs dem kleineren Intervall fast ohne Ausnahme die leichtere Spaltbarkeit entspricht.*

Bei der Bestimmung der relativen Gröfse der Intervalle bedürfen wir, nachdem das Verhältnifs zwischen Krystallform und Molecular-Anordnung festgestellt ist, keiner Voraussetzung mehr. Es ergiebt sich mit Nothwendigkeit aus den beobachteten Winkeln und Flächen und würde sogar in einer wenig veränderten Form seine Bedeutung behalten, wenn man der Molecular-Theorie auch nicht bestimmen wollte.

Für diesen Fall ist es besser den Ausdruck *Intervall*, der nur im Sinne der Molecular-Theorie eine Bedeutung hat, durch den Ausdruck *Werth* zu ersetzen, wenn man das den Intervallen entsprechende Verhältnifs der Normalen bezeichnen will. Dieser Werth bezieht sich blofs auf die Häufigkeit des Vorkommens und die Spaltbarkeit. Für andere Kräfte im Krystall, deren Intensität sich mit der Richtung allmählich verändert, würden natürlich andere Zahlen-Verhältnisse auftreten.

Wir wollen nun auf die Bedeutung dieses Werths nä-

her eingehen und die Uebereinstimmung desselben mit der Ausbildung und der Spaltbarkeit bei einigen Krystallsystemen nachweisen.

Die tesseralen Krystalle.

Die Molecule können auf drei wesentlich verschiedene Arten geordnet seyn. Diesen entsprechen die drei Unterabtheilungen des Systemes.

1. In der rectangulären Stellung der Molecule ist das Intervall einer Molecular-Linie *lmn*, das von $100 = 1$ gesetzt

$$= \sqrt{(l^2 + m^2 + n^2)} = l : \cos \frac{100}{lmn}.$$

Es sind also die Intervalle oder Werthe von dem kleinsten beginnend

100 =	1	021 =	$\sqrt{5}$	031 =	$\sqrt{10}$
011	$\sqrt{2}$	211	$\sqrt{6}$	321	$\sqrt{14}$
111	$\sqrt{3}$	122	$\sqrt{9}$	221	$\sqrt{21}$.

Die Reihe ist also *normal.*

Da die Normale der Würfel-Fläche 100 den kleinsten Werth hat, so mufs, wenn unsere Theorie richtig ist, in den normal gebildeten Krystallen die Spaltbarkeit nach den Flächen des *Würfels* entweder ausschliefslich oder doch am leichtesten seyn. Und so ist es auch. Alle tesseralen Krystalle dieser Art, in welchen also das Octaëder 111 häufiger ist als das Leucitoëder 211 und dieses häufiger als 311 und wo von den 48 Flächnern 321 am wenigsten selten ist, haben die leichteste Spaltbarkeit nach den Flächen des Würfels. So im *Bleiglanz, Glaserz, Chlornatrium,* und so überall, wo die Ausbildung deutlich zu beobachten ist.

2. In der *centralen* Stellung treten ganz andere Verhältnisse auf. Hier ist die Reihe der Molecular-Linien nach der Gröfse der Intervalle, oder was damit gleichbedeutend ist, die der Normalen nach der Gröfse ihrer Werthe geordnet, der Werth von $100 = 1$ gesetzt:

111 =	$\sqrt{3:4}$	021 =	$\sqrt{5}$	122 =	$\sqrt{9}$
100	1	211	$\sqrt{6}$	031	$\sqrt{10}$
011	$\sqrt{2}$	511	$\sqrt{27:4}$	321	$\sqrt{14}$
311	$\sqrt{11:4}$	531	$\sqrt{35:4}$.		

Diese Reihe ist also *anormal.*

Da die Normale des Octaëders 111 den kleinsten Werth hat, so ist die Spaltbarkeit *octaëdrisch,* die am häufigsten vorkommenden Flächen sind zwar auch hier Octaëder und Würfel; aber 311, das einen beträchtlich kleineren Werth als 211 hat, ist weit häufiger als dieses, dagegen 310, ungeachtet seiner Zonen-Verwandtschaft mit 311, der Normale 210 weit nachsteht.

Diesem entspricht die Ausbildung der Krystalle mit octaëdrischer Spaltbarkeit. Im *Magnet-Eisenstein* und anderen *Spinell-artigen* Krystallen sind 111 und 311 häufig, dagegen das sonst gewöhnliche Leucitoëder 211 und 122 sehr selten sind. Unter den 48-Flächnern kommen 321 und 431 nicht vor, wohl aber 531.

Im *Flufsspath* ist die Ausbildung in der Zone von 111, 311 anormal, in der Zone von 011, 021 dagegen normal, also ganz den Gesetzen der Molecular-Anordnung gemäfs.

Gold und *Silber* haben als zähe Körper keine Spaltungs-Flächen, aber eine Ausbildung wie der Flufsspath. Unter den 48-Flächnern fehlt 321 gänzlich.

3. Bei der *lateralen* Stellung ist die Reihe der Molecular-Linien, 100 = 1 gesetzt:

011 =	$\sqrt{1:2}$	031 =	$\sqrt{5:2}$	021 =	$\sqrt{5}$
100	1	111	$\sqrt{3}$		
211	$\sqrt{3:2}$	321	$\sqrt{7:2}$.		

Also hat 011 das kleinste Intervall und 111 ein gröfseres als 211. Die auf 011 perpendikuläre Flächen bilden das *Granatoëder*.

Diese Reihefolge ist nun auch charakteristisch für den *Granat* und andere Krystalle, deren Ausbildung sich durch das Vorherrschen der Flächen 011 und 211, d. h. des Granatoëders und Leucitoëders, im Gegensatz zum Octaëder 111

auszeichnet, indem dieses weit seltener ist, wie in anderen tesseralen Krystallen. Von 48-Flächnern ist, der Theorie gemäfs, 321 am häufigsten.

Wir finden also in den Krystallen dieses Systems eine vollständige Uebereinstimmung zwischen der Ausbildung und den Resultaten der Molecular-Theorie. Nur einige hemiëdrische Krystalle wie *Blende, Boracit* haben ein abweichendes Verhalten. Der *Schwefelkies* dagegen verhält sich wie die übrigen Krystalle mit kubischer Spaltbarkeit, von denen er sich nur durch das etwas häufigere Vorkommen der einen Hälfte von 021 unterscheidet.

Die tetragonalen Krystalle.

Wenn a das Intervall der Hauptaxe A ist, b das Intervall der darauf perpendikulären und congruenten Axen B und C, so ist das Intervall auf einer Molecular-Linie lmn

$$=\sqrt{[a^2 l^2 + b^2 (m^2 + n^2)]} = l : \cos \frac{lmn}{100}$$

wenn unter dem letzten Zeichen der Cosinus des Winkels der Linien lmn und 100 verstanden wird.

1. Die *rectanguläre* Stellung. Man kann rechtwinklige Axen immer so wählen, dafs die Ausbildung in allen Zonen normal wird. Die kleinsten Werthe entsprechen den Axen selbst und zwar so, dafs wenn der Werth von b gröfser ist als der von a, die Spaltbarkeit nach A leichter ist, also basisch; und wenn b kleiner ist als a, die Spaltbarkeit nach B,. dem tetragonalen Prisma, leichter ist. Wenn $b = a$ wird der Krystall kubisch.

Von gut ausgebildeten Krystallen kann ich in dieser Abtheilung, der *prismatischen*, blofs die isomorphe Gruppe des *Rutils* und des *Zinnsteins* anführen. Ihre Ausbildung ist ganz normal

100 010 011 021 110 111 111 321.

Setzt man $\frac{110}{100} = 32^0\ 59'$, so sind die Werthe, der von 100 = 1 gesetzt, in Logarithmen

010 = 9,827		100 = 0,000	
011	978	110	076;

also hier 010, d. h. das erste tetragonale Prisma am kleinsten. Die Spaltbarkeit ist auch parallel diesem Prisma am leichtesten.

2. Die *centrale* Stellung ist weit häufiger. Von den beiden kleinsten Werthen fällt entweder der erste oder der zweite auf 111, so dafs entweder der Basis 100 oder dem Prisma 010 oder auch beiden ein gröfserer Werth zukommt als 111. Es ist daher auch entweder die leichteste, oder doch die der leichtesten am nächsten stehende Spaltungs-Richtung parallel den Flächen eines tetragonalen Octaëders, dessen Seiten-*Ecken* von den Axen B und C abgestumpft werden.

Wenn $a = b$ wird dieses Octaëder zum regulären.

Die der centralen Stellung entsprechenden Krystalle, die *octaëdrischen*, zerfallen also in drei, durch Formen des tesseralen Systems begränzte Gruppen. Wenn α die Neigung von 111 zu 100 ist, so sind die Gränzwerthe wenn $\alpha = 45^\circ$ und $= 54^\circ\, 44'$, und die Werthe der Intervalle sind alsdann

	$\alpha = 45^\circ$ Granatoëder.	$\alpha = 54^\circ\, 44'$ Octaëder.
für 100	1	1
010	$\sqrt{1:2}$	1
011	1	$\sqrt{2}$
111	$\sqrt{1:2}$	$\sqrt{3}:4$
110	$\sqrt{3:4}$	$\sqrt{2}$.

Die Ausbildung ist *normal* in den Zonen *lmo* und *omn*, anormal in der Reihe der 16-Flächner.

Im *Uranit* ist $\frac{111}{100} = 71^\circ\, 31'$. Die Werthe also, der von 100 = 1 gesetzt, in Logarithmen sind:

100 = 0,000		110 = 0,368	
111	0,198	011	0,476
010	0,325.		

Die Spaltbarkeit demgemäfs vollkommen nach 100.

Die Ausbildung mit Weglassung der fast bei keinem tetragonalen Krystalle fehlenden Flächen der beiden tetragonalen Prismen und der Basis ist:

110 210 111 311 511 322.

Im *Schwerstein* ist $\frac{111}{100} = 65^{0}\ 45'$. Die Werthe in Logarithmen sind:

100 = 0,000;		110 = 0,225	
111	085	011	346.
010	196		

Also 100 und 111 haben die kleinsten Werthe, denen auch die Spaltbarkeit entspricht.

Die Ausbildung ist 110 210; 111 311.

Im *Anatas* ist $\frac{111}{100} = 68^{0}\ 11$. Die Werthe von

100 = 0,000;		110 = 0,307	
111	129	011	398
010	247.		

Die Spaltbarkeit vollkommen nach 100, d. h. nach der Normale mit dem kleinsten Werthe, dieser am nächsten steht die Spaltbarkeit nach dem Octaëder 111.

Die Ausbildung ist 110 210; 111 311 511.

310, welches man nach der Zonenlage von 311 erwarten sollte, kommt hier und bei den folgenden Krystallen entweder gar nicht oder nur äufserst selten vor.

Dem *Anatas* in jeder Beziehung gleichgestaltet, ist *Eisen-Kalium-Cyanür* und *Eisen-Ammonium-Cyanür*, wo $\frac{111}{100} = 68\frac{1}{2}^{0}$ ist.

Die Spaltbarkeit ist nach 100 am stärksten, nach 111 schwächer. Zwar ist durch v. Kobell's Beobachtung zweifelhaft geworden, ob diese Krystalle dem tetragonalen System angehören. Es würde dieses aber in dem Verhältnifs der Werthe zur Spaltbarkeit keinen Unterschied machen.

Das *schwefelsaure Nickel* ist dem Anatas isomorph $\frac{111}{100} = 69^{0}\ 39'$, also die Werthe

100 = 0,000
111 150
010 280.

Die Spaltbarkeit ist nach 100, aber nicht prismatisch. Die beobachteten Flächen sind:

110 120; 111 311.

Im *Apophyllit* ist $\frac{111}{100} = 60\frac{1}{2}^{\circ}$, also

100 =	0,000;	010 =	0,097
111	007	011	247.

Das Minimum ist nach der Basisfläche und diese ist auch der Haupt-Spaltungs-Fläche parallel, nach anderen Richtungen schwächer.

Wenn $\frac{111}{100} = 60^{\circ}$, so sind die Intervalle und Werthe von 100 und 111 einander gleich. Aber diese Gleichheit hat keine Congruenz zur Folge.

Der *Hausmannit* hat $\frac{111}{100} = 58^{\circ}\ 57'$, also das Verhältnifs der Werthe in Logarithmen:

111 =	9,987;	110 =	0,188
100	0,000	011	221
010	070		

Beobachtete Flächen 111 311.

Die Werthe von 111 und 100 sind wenig verschieden, und so ist es auch mit ihrer Spaltbarkeit.

Der *Zirkon* hat $\frac{111}{100} = 42^{\circ}\ 10'$; also

111 =	9,987;		
010	806	011 =	9,957
111	829	100	0,000.

Diesem entspricht die Spaltbarkeit nach 010 011 111. Nach 100 der Basis ist keine wahrnehmbar.

Beobachtete Flächen 110, selten 130; 111 113 133, 122 untergeordnet.

Der *Vesuvian* hat $\frac{111}{100} = 37^{\circ}\ 7$; also

$$010 = 9{,}728; \quad 011 = 9{,}879$$
$$111 \quad 797 \quad 100 \quad 0{,}000.$$

Diesem entspricht die prismatische Spaltbarkeit nach 010.

Beobachtete Flächen 111 311 113 133 und ganz untergeordnet 211.

In jeder Beziehung dem Vesuvian isomorph ist das *Platin-Magnium-Cyanid.*

Der *Skapolith* folgt ungeachtet seiner Hemiëdrie demselben Gesetze $\frac{111}{100} = 31^\circ\, 34'$; also

$$010 = 9{,}644; \quad 011 = 9{,}790$$
$$111 \quad 9{,}770 \quad 100 \quad 0{,}000.$$

010 hat das bei weitem kleinste Intervall und also auch die leichteste Spaltbarkeit.

Dieses werden sämmtliche tetragonale Krystalle seyn, bei denen zugleich die Spaltungsrichtungen und eine reichere Ausbildung beobachtet ist. Unsere Gesetze finden also auch in dem tetragonalen Systeme ihre vollständige Anwendung.

Die hexagonalen Krystalle.

Den beiden Molecular-Stellungen des hexagonalen Systems entsprechen die hexagonal-prismatischen und die rhomboëdrischen Krystalle.

1. In den *prismatischen*, wo a das Intervall auf der Hauptaxe A ist, b das kleinste Intervall in der auf A perpendiculären Ebene, also auf $001\bar{1}$, ist das Grund-Verhältnifs.

$$\frac{b}{a} = \text{Tang.} \frac{101\bar{1}}{1000}$$

Das Intervall auf der Normale des zweiten hexagonalen Prismas 0211 ist $= b\sqrt{3}$, also gröfser als b, und der Unterschied in den Intervallen oder Werthen der beiden hexagonalen Prismen ist gröfser als der zwischen denen des tetragonalen Systems, wo er nur $1:\sqrt{2}$ ist. Daher auch eine Spaltbarkeit oft nach beiden tetragonalen Pris-

men, aber niemals nach beiden hexagonalen beobachtet wird.

In jeder anderen Richtung $lmnp$, wo jedoch stets $m+n+p=0$, ist der Werth $la:\cos\frac{lmnp}{1000}$.

Die Ausbildung ist ausschliefslich normal, indem nach $10\bar{1}1$ am gewöhnlichsten $20\bar{1}1$ oder $10\bar{2}2$ folgt, $30\bar{1}1$ oder $10\bar{3}3$ dagegen weit seltener sind. Die einzige Ausnahme von dieser Regel findet sich bei dem hemiëdrischen oder vielmehr tetartoëdrischen *Quarze*.

Die Spaltbarkeit ist stets am leichtesten nach 1000 und $001\bar{1}$, d. h. der Basis und dem ersten hexagonalen Prisma, bald nach dieser, bald nach jener Richtung überwiegend. Eine Spaltbarkeit, die nach den Pyramidenflächen stärker wäre als nach jenen Richtungen, wird bei keiner einzigen gut ausgebildeten Gattung als constant beobachtet. Nur hin und wieder sollen einige Varietäten eine pyramidale Spaltung haben. In der That sind auch die Intervalle von $10\bar{1}1$ und in noch höherem Grade von Pyramiden mit höheren Coëfficienten, stets gröfser als nach $001\bar{1}$ und 1000.

So weit es bei einer vielen Irrthümern unterworfenen Beobachtung möglich ist, kann man sagen, dafs je kleiner $\frac{a}{b}$ ist, also je gröfser der Winkel $\frac{10\bar{1}1}{1000}$, desto stärker die basische Spaltbarkeit im Verhältnifs zu den übrigen sey.

Im *Kupferglimmer*, wo jener Winkel $=71°\,45'$ und also der Logarithmus des Intervalls von $001\bar{1}=0{,}48$ ist, und im *Molybdänglanz*, wo der Winkel $=70°\,28'$ und jener Logarithmus $=0{,}45$ ist, ist die Spaltbarkeit glimmerartig.

Im *Zinkoxyd*, wo $\frac{10\bar{1}1}{1000}=62\frac{1}{2}°$ (Levy) ist und der Werth $=0{,}280$, ist die Spaltbarkeit nach der Basis entschieden am leichtesten.

Geringer ist der Unterschied in den Werthen a und b

und daher auch in der Spaltbarkeit nach den Richtungen 1000 und $001\bar{1}$, von denen bald die eine, bald die andere als die stärkste geschildert wird, im

Nephelin, wo	$\frac{101\bar{1}}{1000} = 49\frac{1}{2}{}^{\circ}$;	$\text{Log}\,\frac{b}{a} = 0{,}069$
Smaragd	$48^{\circ}\ 0'$	045
Magnetkies	$45^{\circ}\ 8'$	002
Greenockit	$43^{\circ}\ 35'$	$9{,}979$
Polybasit	$41\frac{1}{2}{}^{\circ}$	964

Dagegen herrscht im *Apatit*, wo $\frac{101\bar{1}}{1000} = 40^{\circ}\ 15'$, also $\text{Log}\,\frac{b}{a} = 9{,}928$ die prismatische Spaltbarkeit entschieden über die basische vor. Der Intervall von $101\bar{1}$ würde $0{,}117$ seyn, also beträchtlich gröfser. Nach einigen Angaben in mineralogischen Handbüchern soll das *Grünbleierz* zuweilen auch eine Spaltbarkeit nach den Flächen der hexagonalen Doppelpyramide $101\bar{1}$ haben. Es ist dieses aber wohl nur eine Absonderung.

2. In der *rhomboëdrischen* Stellung nehmen wir die Axen drei einander congruenten Molecular-Linien parallel und zwar denjenigen, welche unter allen Linien dieser Art die kleinsten Intervalle haben. Ist a dieses Intervall, α die gegenseitige Neigung der Axen und β die Neigung der Axen zur hexagonalen Hauptaxe, also $\frac{010}{001} = \alpha$, $\frac{111}{100} = \beta$, so ist

$$4 \sin \tfrac{1}{2}\alpha^2 = 3 \sin \beta^2.$$

Das Intervall auf $lmn = (l + m + n) \cos\beta : \cos \frac{lmn}{111}$.

Die *rhomboëdrischen* Krystalle zerfallen demnach in *vier* Gruppen, deren Unterschiede auch für die optischen und andere physischen Erscheinungen von Wichtigkeit ist.

Die äufsersten Gränzen für die erste und vierte Gruppe sind da, wo der Winkel α zwischen den Axen $= 0$ und wo er 120° ist, die Axen also in *eine* Ebene fallen. Die

Uebergangs-Formen zwischen den Gruppen sind hier, wie im tetragonalen Systeme, tesseral.

Zeichen der Normalen.	Werthe der Normalen.	$\alpha = 60^0$ $\beta = 35^0\ 16'$ Granatoëder.	$\alpha = 90^0$ $\beta = 54^0\ 44'$ Würfel.	$\alpha = 109^0 28'$ $70^0 32'$ Octaëder.
100	1	1	1	1
011	$2\cos\frac{1}{2}\alpha$	$\sqrt{3}$	$\sqrt{2}$	$\sqrt{4:3}$
$01\bar{1}$	$2\sin\frac{1}{2}\alpha$	1	$\sqrt{2}$	$\sqrt{8:3}$
111	$3\cos\beta$	$\sqrt{6}$	$\sqrt{3}$	1
$\bar{1}11$	$\sqrt{[1+4\sin\frac{1}{2}\alpha^2]}$	$\sqrt{2}$	$\sqrt{3}$	$\sqrt{8:3}$
$\bar{2}11$	$3\sin\beta$	$\sqrt{3}$	$\sqrt{6}$	$\sqrt{8}$

Die *erste* Gruppe hat den Winkel α zwischen den Rhomboëder-Normalen kleiner als 60^0 oder die Rhomboëder selbst sind stumpfer als das Rhomboëder des Granatoëders. In der *zweiten* Gruppe steht das Rhomboëder zwischen denen des Granatoëders und Würfels. In der *dritten* steht es zwischen denen des Würfels und Octaëders, und in der *vierten* ist es spitzer als das des Octaëders.

In der *ersten* Gruppe hat $01\bar{1}$ einen kleineren Werth als 100. Dieses ist unter anderen im *Turmalin* der Fall: hier ist $\frac{010}{001} = 47^0\ 0'$; $\frac{100}{111} = 27^0\ 9'$.

$$01\bar{1} = 9{,}902;\quad 100 = 0{,}000;\quad 111 = 0{,}426.$$

Die kleinsten Werthe haben also $01\bar{1}$ und 100, d. h. das Prisma und das Haupt-Rhomboëder, denen daher auch die Spaltungs-Richtungen parallel sind.

Im *Dioptas* ist $\frac{010}{001} = 54^0\ 5'$; $\frac{100}{111} = 31^0\ 40'$.

$$01\bar{1} = 0{,}959;\quad 100 = 0{,}000;\quad 111 = 0{,}407.$$

Die kleinsten Werthe und die Spaltung sind ebenfalls in $01\bar{1}$ und 100.

Zu der *zweiten* an Krystallen reichsten Gruppe gehören:

Der *Phenakit* $\frac{010}{001} = 63^0\ 20'$; $\frac{100}{111} = 37^0\ 19'$.

$$100 = 0{,}000;\quad 01\bar{1} = 0{,}022;\quad 111 = 0{,}378.$$

Die kleinsten Werthe also ebenfalls in dem Haupt-Rhomboëder und dem die Kanten desselben abstumpfenden Prisma, und auch die Spaltung ist in diesen Richtungen am leichtesten und von nahe gleicher Stärke.

Der *Kalkspath* hat $\frac{010}{001} = 74^{\circ}\ 55'$; $\frac{100}{111}\ 44^{\circ}\ 36'$.

$$100 = 0{,}000;\quad 01\bar{1} = 0{,}085;\quad 111 = 0{,}329.$$

Also hat 100 den kleinsten Werth und wie bekannt auch die leichteste Spaltbarkeit.

Ebenso verhalten sich die zahlreichen, dem Kalkspath isomorphen Krystalle, so wie auch das *Rothgiltigerz*.

Der *Chabasit* hat $\frac{010}{001} = 85^{\circ}\ 14'$; $\frac{100}{111} = 51^{\circ}\ 26'$.

$$100 = 0{,}000;\quad 01\bar{1} = 0{,}138;\quad 111 = 0{,}281.$$

Die Spaltbarkeit ist in dem Rhomboëder 100 am leichtesten.

Im *Quarz* ist $\frac{010}{001} = 85^{\circ}\ 44'$; $\frac{100}{111} = 51^{\circ}\ 46'$.

$$100 = 0{,}000;\quad 01\bar{1} = 0{,}166;\quad 111 = 0{,}269.$$

Die Spaltbarkeit ist daher nach dem Haupt-Rhomboëder, wenn auch schwach, doch besser als nach anderen Richtungen.

Quarz und Chabasit haben also beinahe dieselben Winkel und daher auch ähnliche Spaltungs-Richtungen. Aber deshalb sind sie noch nicht isomorph, da ihre Ausbildung und die Hemiëdrie des Quarzes auf gänzlich verschiedene Cohäsions-Verhältnisse hinweisen. Es ist zwar möglich, dafs Körper, deren Krystallisation in einer ebenso entfernten Verwandtschaft steht wie die des Quarzes und Chabasites, auch eine gewisse chemische Verwandtschaft haben, aber bis jetzt ist noch kein einziges sicheres Beispiel einer solchen niederen Stufe von Isomorphie bekannt.

Der *Zinnober*, der seinen Dimensionen nach auch zu dieser Gruppe gehören würde, hat zwar die Spaltungs-Richtungen parallel dem Prisma $01\bar{1}$, jedoch eine von den übrigen Krystallen gänzlich abweichende Ausbildung. Er

ist, wie ich an einem anderen Orte gezeigt habe, als hemiëdrisch hexagonal anzusehen.

Zur *dritten* Gruppe gehört die sehr zahlreiche, dem *Korund* isomorphe Reihe von Krystallen. In dem Korund ist $\frac{010}{001} = 93^\circ\ 54'$; $\frac{100}{111} = 57^\circ\ 33'$.

$100 = 0{,}000$; $011 = 0{,}135$; $01\bar{1} = 0{,}165$; $111 = 0{,}207$.

Die Spaltbarkeit ist nach 100 wie es die Theorie verlangt.

Im *Eudialyt* ist $\frac{010}{001} = 106^\circ\ 30'$; $\frac{100}{111} = 67^\circ\ 42'$.

$100 = 0{,}000$; $111 = 0{,}052$; $011 = 0{,}078$; $01\bar{1} = 0{,}205$.

Die beobachteten Spaltungs-Richtungen sind demnach 100 und 111, d. h. Rhomboëder und Basis.

In der *vierten* Gruppe wird der Werth der Basis kleiner als der des Rhomboëders, die Spaltung ist daher parallel der Basis am leichtesten. In der That sind auch bei allen zu dieser Klasse gehörigen Krystallen mit einer sehr guten basischen Spaltbarkeit die Winkel zwischen der Basis und dem Rhomboëder sehr grofs, also die Rhomboëder selbst sehr spitz.

Die isoklinischen Krystalle.

In den Krystallen dieser Klasse wird gewöhnlich *eine* Richtung, entweder die, welche vorherrscht oder auch die, welche gegen die andere sehr zurücktritt, vertical gestellt und die ganze Terminologie so sehr an diese Stellung gebunden, dafs sie gänzlich verändert werden mufs, wenn man eine andere Axe vertical stellen wollte. Es wird auch nicht selten über die Zweckmäfsigkeit, eine oder die andere Axe vertical zu stellen, sogar in solchen Fällen gestritten, wo dadurch in dem Grund-Verhältnifs keine Aenderung eintreten würde.

Für unseren Standpunkt ist die Stellung natürlich vollkommen gleichgültig. Wir setzen blofs um die Uebersicht zu erleichtern das Intervall oder den Werth der kleinsten Axe $= 1$ und ihren Coëfficienten zuerst, den Coëfficienten

der gröfsten Axe zuletzt, so dafs sich in dem Zeichen der Normale *lmn* die Gröfse *l* auf die kleinste Axe *A*, und *n* auf die gröfste Axe *C* bezieht. Das Grund-Verhältnifs ist identisch mit dem Verhältnifs der Intervalle oder Werthe der drei Axen $a:b:c$. Aber da a stets $=1$ genommen wird, so bleiben nur noch die Gröfsen b und c anzugeben, was am besten durch die Logarithmen geschieht.

Den *vier* in dem isoklinischen Systeme möglichen Stellungen der Molecule entsprechen ebenso viele Unterabtheilungen der Krystalle. Aber so scharf sich auch die Charaktere derselben theoretisch bestimmen lassen, so ist es bei der unvollkommenen Ausbildung der meisten Krystalle selten möglich die Unterabtheilung, der sie angehören, mit Sicherheit anzugeben. Von denen, wo es geschehen konnte, will ich einige anführen.

1. In der *rectangulären* Stellung fallen die kleinsten Intervalle oder Werthe auf die Axen selbst und das Parallelepiped, welches von den kleinsten Intervallen gebildet wird, ist ein *gerades Prisma mit rechtwinkliger Basis*, dem auch die Spaltungs-Richtungen parallel sind und zwar so, dafs der Axe mit dem kleinsten Werthe die deutlichste Spaltungs-Richtung perpendikulär ist. Die Ausbildung ist also normal. Dahin gehört das *Chlor-Baryum*. Es sind darin beobachtet:

100 011 101 201 301 110 210 310 110 111.

Von diesen sind 301 und 310 nur selten und blofs in solchen Combinationen, in denen auch 201 und 210 vorkommen.

Die Spaltungs-Flächen sind am vollkommensten nach 100, schwächer nach 010 und 001.

Das Grund-Verhältnifs in Logarithmen ist 0,132 0,177.

Ebenso regelmäfsig ausgebildet ist der *Bournonit*. Sein Grund-Verhältnifs ist 0,028 0,059.

Die Spaltung ist am leichtesten nach 100, der Fläche mit dem kleinsten Werthe, und weniger leicht nach 010 und 001.

Dasselbe findet sowohl was die Ausbildung, als die

Spaltbarkeit betrifft, statt bei der zahlreichen Gruppe des *Chrysolith*, des *Chrysoberyll*, des *Anhydrit* und vermuthlich auch des *schwefelsauren* und *unterschwefligsauren Kali*.

2. In der *centralen* Stellung sind die Werthe der Normalen der drei Hauptprismen 011 101 110

$$=\sqrt{(b^2+c^2)},\ \sqrt{(a^2+c^2)},\ \sqrt{(a^2+b^2)},$$

und der Werth von 111 $= \frac{1}{2}\sqrt{(a^2+b^2+c^2)} = \frac{1}{2a\cos\frac{111}{100}}$.

Die Werthe der Normalen der Prismen sind offenbar gröfser als die der beiden in ihrer Ebene liegenden Axen. Aber der Werth von 111 ist kleiner als c, möglicher Weise auch kleiner als a und b, und alsdann der kleinste im Systeme. Die Figur, welche von den auf den vier congruenten Normalen 111 perpendiculär stehenden Flächen gebildet wird, ist ein *Rhomben-Octaëder*.

Die Ausbildung der Krystalle ist in dieser Abtheilung ganz normal in der Reihe der Prismen der drei Zonen *omn lon lmo*; aber anormal in der Reihe der Octaëder.

Zu dieser Abtheilung gehört der *Schwefel*, dessen Grund-Verhältnifs 0,278 0,369 ist.

Die an ihm beobachteten Formen:

100 001 011 110 101
111 311 331 511

211 ist dagegen sehr selten.

Spaltbarkeit nach 100 und schwach nach 111.

Der Werth von 111 = 0,201, also nächst 100 der kleinste im Systeme.

Im *schwefelsauren Natron* oder *Silber*, wo das Grund-Verhältnifs 0,165 0,327 ist, ist der Werth von 111 = 0,129. Die Ausbildung ist

100 101 110 111 131.

Die Spaltungs-Richtungen sind nicht beobachtet.

3. Die *laterale* Stellung ist oben durch eine rectanguläre Basis und die Projection auf die Mitte zweier Seiten des Rechtecks aufgefafst worden. Man kann diese Anordnungsweise jedoch anschaulicher machen, wenn man

die Basis rhombisch nimmt und die Projection der nächsten Schicht auf die Molecule der ersten selbst fallen läfst. Die auf der rhombischen Basis stehende Axe kann als die *Hauptaxe* des Systemes angesehen werden. Die Intervalle derselben sind zwar nicht nothwendig die kleinsten im System, aber doch die kleinsten aller aufserhalb der Ebene der Basis befindlichen Intervalle. Innerhalb der Basis selbst ist die Seite des Rhombus kleiner als eins, möglicher Weise als beide Intervalle der Axen, so dafs die drei den beiden congruenten rhombischen Seiten und der Hauptaxe parallelen Intervalle, wenn nicht die kleinsten im System, doch diesen sehr nahe stehen. Die auf diesen Linien perpendikulären Flächen bilden ein *gerades rhombisches Prisma.*

Setzt man die Hauptaxe parallel *A*, jedoch ohne Rücksicht auf die relative Gröfse der Intervalle, so ist die Ausbildung normal in der Reihe der Prismen *lmo* und *lon*, anormal bei den Prismen *omn* und dyanormal für die Rhomben-Octaëder. Also

100 010 001; 110 210 120... 101 201 102...
011 031 013... 211 111 231 213...

Das Intervall oder der Werth von

$011 = \frac{1}{2}\sqrt{(b^2 + c^2)}$; von $211 = \frac{1}{2}\sqrt{(4a^2 + b^2 + c^2)}$
$101 = \sqrt{(a^2 + c^2)}$ $\qquad 111 = \sqrt{(a^2 + b^2 + c^2)}$.
$110 = \sqrt{(a^2 + b^2)}$

Also der Werth von 011 kleiner als der von *c*, und der Werth von 211 kleiner als der von 111.

Wenn man auch in dieser Abtheilung *A* immer als die Axe mit dem kleinsten, *C* als die mit dem gröfsten Werthe nimmt, so wird die Ausbildung und Spaltbarkeit blofs in sofern modificirt werden, als in den oben angeführten Zeichen die zuerst gesetzte Zahl an die zweite oder dritte Stelle rückt.

In diese Abtheilung gehört die zahlreiche dem *Aragonit* isomorphe Gruppe. Das Grund-Verhältnifs desselben ist 0,160 0,375, die beobachteten Formen:

110 210 120... 011 031... 211 231.

Der Werth von 011 ist = 9,982, also der kleinste im System. Die Spaltbarkeit diesem Prisma parallel am leichtesten.

Der *Baryt* gehört wahrscheinlich auch hierher. Sein Grund-Verhältnifs ist 0,108 0,217.

Die Spaltbarkeit nach 100 am deutlichsten, etwas schwächer nach dem Prisma 011, dessen Werth 0,019 ist, also etwas gröfser als der von 100, viel kleiner als der Werth von 010.

Ebenso verhält sich der *Dichroit*, der *Atakamit*, sowie auch trotz ihrer Hemiëdrie das *Zink-Vitriol* und der *Weinstein*.

4. In der *rhombischen* Stellung sind die Intervalle oder Werthe von 011 $= \frac{1}{2}\sqrt{(b^2 + c^2)}$; 101 $= \frac{1}{2}\sqrt{(a^2 + c^2)}$; 110 $= \frac{1}{2}\sqrt{(a^2 + b^2)}$; also sämmtlich kleiner als das Intervall einer der Ebene ihrer liegenden Axen, möglicher Weise als beider. Unter den drei nicht in *einer* Ebene liegenden Normalen mit den kleinsten Werthen sind daher stets zwei oder selbst alle drei perpendikulär auf den Flächen eines oder zweier Prismen. Zwei solche Prismen bilden ein *Rectangulär-Octaëder*.

Die Ausbildung der Prismen-Reihen *omn lon lmo* ist anormal, die des Rhomben-Octaëder *lmn* dagegen dyanormal, d. h.

211 121 112 111 231 ... 411.

Der Werth von 111 $= \sqrt{(a^2 + b^2 + c^2)}$ ist gröfser als der von 211 $= \frac{1}{2}\sqrt{(4a^2 + b^2 + c^2)}$ u. s. w.

Es gehört hierher das *Kieselzinkerz*, dessen Grund-Verhältnifs 0,106 0,316 ist. Der Werth von 110 = 0,909 ist der kleinste im System und dieser Fläche entspricht daher auch die leichteste Spaltbarkeit.

Die beobachteten Formen sind:

100 010 001 011 031 101 301 501 701 110 310 510
211 121 212 411 321 231 341 413.

Die Formen 111 102 201 sind sehr selten oder gar nicht beobachtet.

Eine ähnliche Ausbildung und Spaltbarkeit haben der *Andalusit*, *Olivenit* u. a. m., nur mit dem Unterschiede,

dafs 100 zuweilen einen kleineren Werth und also eine leichtere Spaltbarkeit hat als 110.

Bei den *monoklinischen* und *triklinischen* Krystallen, wo die Freiheit in der Wahl der Axen gröfser ist als in den Systemen mit höherer Symmetrie, läfst sich die Uebereinstimmung zwischen dem Grund-Verhältnifs, der Spaltbarkeit und der Ausbildung noch leichter nachweisen. Es ist daher unnöthig näher darauf einzugehen, um so mehr da jene Uebereinstimmung gewöhnlich schon bei der in den mineralogischen Handbüchern oder den Beschreibungen üblichen Auffassungsweise von selbst einleuchtend ist. Ich will nur noch anführen, dafs in den beiden Stellungen des monoklinischen Systems die Normalen, deren Intervalle oder Werthe entweder die kleinsten sind oder doch den kleinsten zunächst stehen, auf ein *gerades rhomboïdisches Prisma* und auf ein *schief rhomboïdisches Prisma* oder *Octaëder* führen.

Indem ich mir vorbehalte diese Gesetze auf die physischen, namentlich optischen Erscheinungen anzuwenden, will ich zum Schlufs noch den Inhalt dieser Abhandlung kurz wiederholen.

Von jeder Hypothese über den elementaren Zustand der Körper abgesehen, ist folgendes das Resultat der Beobachtung.

1. Man kann für jede Krystall-Gattung drei Axen finden, welche die Eigenschaft haben, dafs die Gleichung einer jeden auf eine Krystallfläche perpendikulären und durch den Scheitel gehenden Linie (einer Normale) sich ausdrücken läfst durch

$$\frac{x}{la} = \frac{y}{mb} = \frac{z}{nc}$$

wobei a, b, c für *alle* Normalen denselben Werth haben, l, m, n dagegen $= 0$, ∓ 1, selten ∓ 2 und nur in einer kleinen, $\frac{1}{10}$ der Krystall-Gattungen nicht erreichenden Anzahl ∓ 3 oder noch gröfser sind.

2. Den *Werth* einer Normale, deren Zeichen *lmn* ist, nennen wir die Länge der Diagonale des Parallelepipeds, dessen auf den Axen liegenden Seiten respective die Werthe *la mb nc* haben. Für *lmn* werden die möglichst kleinsten ganzen Zahlen genommen, also z. B. 123, nicht 246 oder 369.

Je kleiner dieser Werth, desto häufiger ist im Allgemeinen das Vorkommen und desto stärker die Spaltbarkeit der Fläche.

3. Die Ausbildung der Krystalle ist in sofern abhängig von der Lage und den Werthen der Axen, als die kleinere Axe in den Nebenflächen geneigter ist einen höheren Coëfficienten anzunehmen als die Axe mit dem gröfseren Werthe. Im Uebrigen ist die Ausbildung aller Krystalle identisch und die Verschiedenheit in den Angaben geht nur aus der Art die Krystallformen aufzufassen, nicht aus ihrem Wesen hervor.

Von diesen Regeln machen nur einige *hemiëdrische* Krystalle eine Ausnahme. Die überwiegende Mehrzahl derselben verhält sich in ihrer Ausbildung und Spaltbarkeit wie die holoëdrischen, nur dafs von zwei congruenten Flächen die eine weit häufiger, die andere weit seltener vorkommt.

Wenn man dagegen von der am Eingange dieser Abhandlung aufgestellten Molecular-Theorie ausgeht, so wird das, was sonst nur als das Resultat der Beobachtung aufgestellt werden kann, zum Resultate der Theorie selbst.

Sämmtliche Krystallformen werden demnach in *sechs* Klassen oder 14 Ordnungen getheilt. Von diesen gehören

drei, die kubische, die rectangulär-octaëdrische und die granatoëdrische der *tesseralen* Klasse an,

zwei, die tetragonal-prismatische und -octaëdrische der *tetragonalen* Klasse,

zwei, die hexagonal-prismatische und die rhomboëdrische der *hexagonalen* Klasse,

vier, die rectangulär-prismatische, rhombisch-octaëdrische, rhombisch-prismatische und die rectangulär-octaëdrische der *isoklinischen* Klasse,

zwei, die gerad-rhomboïdische und die schief-rhombische der *monoklinischen* Klasse,

eine, die schief-rhomboïdische der *triklinischen* Klasse.

Diese Unterabtheilungen treten also an die Stelle der *Grundformen* in der Haüy'schen Krystallographie, ohne jedoch mit ihnen identisch zu seyn, da es in Haüy's *Theorie* durchaus keine Ursache giebt, die Grundformen auf eine gewisse Anzahl zu beschränken, und diese auch mit unserer Eintheilungsweise keineswegs übereinstimmen.

Eine andere Erscheinung, welche, wenn man Grundformen annimmt, oder der Materie die Eigenschaft giebt, einen Raum stetig auszufüllen, für jetzt wenigstens nicht erklärt werden kann, ist die, dafs unter den bekannten isoklinischen Krystallen, bei denen die Hauptflächen den Seitenflächen und der Basis eines geraden rhombischen Prismas parallel sind, die Abstumpfung der scharfen Seitenkante sich in allen ihren Eigenschaften den Seitenflächen des Prismas um so mehr nähert, je weniger der Winkel von 60° entfernt ist, so dafs man nicht zweifeln kann, dafs wenn der Winkel genau 60° wird, die Form zu einer wahren hexagonalen werden müfste. Dasselbe ist der Fall bei Rhomboëdern, deren Winkel dem Octaëder-Winkel nahe steht, so dafs die Abstumpfung der Hauptecke den Rhomboëder-Flächen fast congruent wird. Dieses und ähnliches ist nichts als eines der einfachsten Resultate der Molecular-Theorie.

Andererseits können die Erscheinungen der Hemiëdrie mit dieser Theorie nur dann in Einklang gesetzt werden, wenn man noch andere von der Stellung der Molecule unabhängige Kräfte voraussetzt, der Theorie also ihre grofse Einfachheit zum Theil wieder nimmt.

Ich wage es daher nicht die Gesetze der Krystallographie als einen empirischen Beweis für die Richtigkeit der Molecular-Theorie anzunehmen. Aber von der Wichtigkeit und Ausdehnung der Resultate, welche man für die Krystallographie aus den einfachsten Prämissen erlangen

kann, hoffe ich in dieser Abhandlung ein Beispiel gegeben zu haben.

II. *Ueber die Verbreitung eines elektrischen Stromes in Metallplatten; von G. Quincke.*

Die folgenden Untersuchungen sind im Laboratorium des Hrn. Prof. Kirchhoff in der Absicht angestellt worden, die von diesem in Pogg. Ann. Bd. 64 S. 497 gegebene Theorie der Verbreitung eines elektrischen Stromes in einer Metallplatte durch Versuche zu prüfen. Diese Theorie ist bisher nur für den Fall durch Versuche bestätigt worden, wo die angewandte Metallplatte kreisförmig war, und in zwei Punkten ihrer Peripherie sich Elektroden befanden.

In dem einen der beiden Fälle, für welche ich diese Prüfung ausgeführt habe, wurde die Verbreitung der strömenden Elektricität in einer quadratischen Bleiplatte *OPQR* (Fig. 1, Taf. IV) beobachtet, bei der in den Punkten O und O_1 der Diagonale *OR* sich Elektroden befanden. Die Seiten *QR* und *PR* wurden bei der theoretischen Entwicklung dieses Falles als in der Unendlichkeit liegend angenommen. Der andere Fall bezog sich auf eine aus Blei und Kupfer bestehende kreisförmige Scheibe. Die beiden Metalle waren in dem Durchmesser *PQ* (Fig. 2, Taf. IV) aneinander gelöthet, und die beiden Elektroden befanden sich im Blei, in den Punkten *A* und *B* der Peripherie der Scheibe, so dafs die Verbindungslinie derselben *AB* der Löthungslinie beider Metalle parallel war.

Im Wesentlichen stimmt die von mir benutzte Methode der Messungen mit der von Kirchhoff angewandten und beschriebenen überein.

Die zu den Versuchen selbst angewandte Bleiplatte *OPQR* (Fig. 1, Taf. IV) hatte etwa 23 Par. Zoll im Quadrat. Auf

dieser war mit Hülfe eines scharfen Federmessers und eines Stangenzirkels ein rechtwinkliges Coordinatennetz parallel den Seiten OP und OQ eingerissen, so dafs die einzelnen Linien einen Zoll von einander abstanden. Der Strom wurde durch drei Grove'sche Elemente, die zu einem Element von grofser Oberfläche vereinigt waren, hervorgebracht, und durch zwei dicke Metalldrähte in die Scheibe geleitet, deren konisch gefeilte Enden in O und O' angelöthet waren. Seine Intensität wurde mittelst einer Tangentenbussole

$$= 350$$

gefunden, bezogen auf das von Weber eingeführte Maafs der Stromintensität, welchem ein Millimeter, eine Sexagesimalsekunde und die Masse eines Milligrammes als Einheiten zu Grunde liegen.

Es wurde nun das eine Ende eines Galvanometerdrahtes auf der Verbindungslinie OO' der Einströmungspunkte aufgesetzt, und mit dem anderen Ende so lange auf den aufgerissenen Linien fortgerückt, bis die Galvanometernadel nicht mehr abgelenkt war. Die so gefundenen Punkte wurden dann mit einem Zirkel auf ein auf Papier gezeichnetes Coordinatennetz aufgetragen, und mit Hülfe des Stangenzirkels gemessen. Diese Methode bestimmte also Punkte einer Curve, in der das Potential der Elektricität [1]) einen constanten Werth hatte. Mittelst der so gefundenen Punkte wurden die nicht ausgezogenen Curven in Fig. 6 Taf. IV in halber natürlicher Gröfse gezeichnet.

Die Enden des Galvanometerdrahtes bildeten zwei kleine Dreifüfse von der Form, wie sie Fig. 3 Taf. IV angiebt. Eine runde Bleiplatte A wurde von zwei Glasstäben B und C und dem Draht D getragen. Der Draht war unten spitz gefeilt, und wie die Figur zeigt, durch eine Klemmschraube mit dem Galvanometerdraht verbunden. Die beiden Enden des Galvanometerdrahtes konnten also verrückt

1) Unter dem elektrischen Potential wird hier diejenige Gröfse verstanden, die Kirchhoff in der angeführten Abhandlung »elektrische Spannung« nennt.

werden, ohne dafs sie durch Berührung der Hand erwärmt wurden, und es war dadurch eine Ablenkung der Galvanometernadel durch Thermoströme vermieden. Die Beobachtungen hatten nämlich gezeigt, dafs solche Thermoströme im Stande waren, die Galvanometernadel um mehr als 3° abzulenken.

Der Galvanometerdraht war aufserdem noch an einer zweiten Stelle unterbrochen, indem er einerseits in ein Quecksilbernäpfchen, andererseits in einen halbkreisförmig gebogenen Kupferdraht endigte, der durch Drehung eines hölzernen Stabes, an dem er befestigt war, leicht in das Quecksilbernäpfchen getaucht werden konnte. Durch diese Vorrichtung, welche also den Galvanometerdraht beliebig zu öffnen und schliefsen erlaubte, waren unnöthige Schwankungen der Galvanometernadel beim Verrücken der kleinen Dreifüfse vermieden, und ebenso Thermoströme, die durch Berührung und Erwärmung des halbkreisförmigen Kupferdrahtes hätten entstehen können.

Die Curven gleichen Potentials lassen sich nun nach Kirchhoff theoretisch folgendermafsen bestimmen.

Wird einer nach allen Seiten unbegränzten Metallplatte durch jede der Elektroden $A A_1 A_2 A_3$ die Elektricitätsmenge E, und durch jede der Elektroden $B B_1 B_2 B_3$ die Elektricitätsmenge $-E$ in der Zeiteinheit zugeführt, so ist das Potential u der Elektricität für einen Punkt der Platte

$$u = M - \frac{E}{4\pi k \delta} \log \frac{r r_1 r_2 r_3}{r' r'_1 r'_2 r'_3}$$

wo $r r_1 r_2 r_3$ die Entfernungen des Punktes, auf den sich u bezieht, von den Elektroden $A A_1 A_2 A_3$ und $r' r'_1 r'_2 r'_3$ die Entfernungen desselben Punktes von den Elektroden $B B_1 B_2 B_3$ bedeuten. k ist die Leitungsfähigkeit, δ die Dicke der Platte, M eine Constante.

Wenn nun die Elektroden symmetrisch zu zwei aufeinander rechtwinkligen Linien OP und OQ (Fig. 4, Taf. IV) liegen, wie es die Zeichnung darstellt, so werden diese Linien die Curven gleichen Potentials senkrecht schneiden, und es wird also der für u gegebene Ausdruck auch dann

noch gelten, wenn die Metallplatte durch die Linien OP und OQ begränzt ist, die beiden Elektroden sich in den Punkten A und B befinden und die Punkte $A_1 B_1$ $A_2 B_2$ $A_3 B_3$ da angenommen wurden, wo die Zeichnung sie zeigt, d. h. da, wo die Spiegelbilder von A und B liegen würden, wenn diese leuchtende Punkte und die Gränzlinien OP und OQ der Platte spiegelnd wären. Die Curven gleichen Potentials sind dann Curven achten Grades, und durch die Gleichung

$$\frac{r r_1 r_2 r_3}{r' r'_1 r'_2 r'_3} = \text{const} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 1$$

gegeben.

Bei den Versuchen selbst fiel der Punkt P mit O zusammen, und ebenso also auch $B_1 B_2 B_3$, so dafs

$$r' = r'_1 = r'_2 = r'_3$$

war und die Gleichung 1 die Form annahm:

$$\frac{r r_1 r_2 r_3}{r'^4} = \text{const.}$$

Um die Curven nach dieser Gleichung zu berechnen, wurde ein rechtwinkliges Coordinatensystem eingeführt, dessen Axen die Linien OP und OQ waren, und die Einheit der Länge dabei so gewählt, dafs die Coordinaten von A, die einander gleich waren, $= 10$ wurden, was die Rechnung etwas erleichterte.

Zuerst berechnete ich die Werthe von

$$\log \frac{r r_1 r_2 r_3}{r'^4} = U \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 2$$

für diejenigen Punkte der Diagonale, welche in der folgenden Tabelle angegeben sind.

No.	$x = y$	U
I	2	5,59036
II	4	3,16100
III	6	1,65424
IV	8	0,31756
V	16	— 0,14381
VI	14	— 0,26192
VII	12	— 0,57176

Mit Hülfe der so gefundenen Werthe von U wurden dann durch Interpolation die Werthe von y berechnet, die der Gleichung 2 für constante Werthe von x genügten. Die folgende Tabelle giebt diese so berechneten Werthe von y mit den beobachteten verglichen:

	y				x		
x	ber.	beob.	Diff.	x	ber.	beob.	Diff.
			Curve No. I.				
0	2,831	2,87	0,04	0	2,831	2,84	0,01
2	2	2		2	2	2	
			Curve No. II.				
0	5,732	5,74	0,01	0	5,732	5,70	— 0,03
2	5,337	5,33	— 0,01	2	5,337	5,31	— 0,03
4	4	4		4	4	4	
			Curve No. III.				
0	9,146	9,22	0,07	0	9,146	8,97	— 0,18
2	8,795	8,84	0,05	2	8,795	8,66	— 0,13
4	7,726	7,81	0,08	4	7,726	7,72	— 0,01
6	6	6		6	6	6	
8	3,595	3,58	— 0,01	8	3,595	3,62	0,03
			Curve No. IV.				
0	17,351	17,22	— 0,13	0	17,351	16,64	— 0,71
2	16,899	16,74	— 0,16	2	16,899	16,35	— 0,55
4	15,292	15,33	0,04	4	15,292	14,74	— 0,55
6	11,378	11,38	0,00	6	11,378	11,12	— 0,26
8	8	8		8	8	8	
10	6,605	6,52	— 0,08	10	6,605	6,57	— 0,03
12	5,752	5,65	— 0,10	12	5,752	5,79	0,04
14	4,851	4,59	— 0,26	14	4,851	4,91	0,06
16	3,335	2,52	0,81	16	3,335	3,39	0,06
			Curve No. V.				
8	13,445	13,20	— 0,24	8	13,445	13,22	— 0,22
8	9,358	9,50	0,14	8	9,358	9,50	0,14
10	16,082	16,00	— 0,08	10	16,082	16,04	— 0,04
10	7,732	7,88	0,15	10	7,732	7,82	0,09
12	17,054	17,03	— 0,02	12	17,054	17,13	0,08
12	7,601	7,67	0,07	12	7,601	7,73	0,13
14	17,084	17,06	— 0,02	14	17,084	17,05	— 0,03
14	8,261	8,40	0,14	14	8,261	8,36	0,10
16	16	16		16	16	16	
16	9,896	9,79	— 0,11	16	9,896	9,90	0,00

	y				x		
x	ber.	beob.	Diff.	y	ber.	beob.	Diff.
			Curve No. VI.				
8	11,947	12,00	0,05	8	11,947	11,98	0,03
8	9,882	10,08	0,20	8	9,882	10,00	0,12
10	14,497	14,44	— 0,06	10	14,497	14,46	— 0,04
10	7,965	8,00	0,04	10	7,965	8,04	0,08
12	14,910	14,91	0,00	12	14,910	14,92	0,01
12	8,016	8,03	0,01	12	8,016	8,00	— 0,02
14	14	14		14	14	14	
14	9,326	9,45	0,12	14	9,326	9,33	0,00
			Curve No. VII.				
10	12,486	12,45	— 0,04	10	12,486	12,46	— 0,03
10	8,483	8,58	0,10	10	8,483	8,58	0,10
12	12	12		12	12	12	
12	9,153	9,30	0,15	12	9,153	9,31	0,15

Dadurch waren die Durchschnittspunkte der mit Römischen Ziffern bezeichneten Curven mit allen parallel den Coordinatenaxen in Fig. 6 Taf. IV gezogenen Linien gegeben, da die Curven gleichen Potentials symmetrisch in Bezug auf die Diagonale der Scheibe liegen mufsten. Diese Durchschnittspunkte genügten, um die theoretischen Curven gleichen Potentials zeichnen zu können, und es sind dieselben durch die stark ausgezogenen Curven in Fig. 6 Taf. IV dargestellt.

In derselben Fig. 6 befinden sich noch andere mit Arabischen Ziffern bezeichnete Curven, welche die theoretischen Strömungscurven der Elektricität darstellen, also die Curven, welche auf den berechneten Curven gleichen Potentials senkrecht stehen. Ihre Gleichung ist, wie Kirchhoff gezeigt hat:

$$\varphi + \varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3 - 4\varphi' = \text{const} = V \quad \ldots \; 3$$

wo $\varphi\,\varphi_1\,\varphi_2\,\varphi_3$ und φ' die Winkel sind, welche die Linien $r\,r_1\,r_2\,r_3$ und r' mit der x-Axe bilden. In diese Gleichung 3 wurden nun rechtwinklige Coordinaten eingeführt, und die Werthe von V für die in folgender Tabelle durch ihre rechtwinkligen Coordinaten gegebenen Punkte berechnet.

No.	x	y	V
1	2	10	323° 54′
2	4	8	262 53

Diese Werthe von V dienten dann dazu um durch Interpolation für y oder x Werthe zu finden, welche der Gleichung 3 für constante Werthe von x oder y genügten. Folgende Tabelle giebt die so gefundenen Werthe von x und y:

	Curve No. 1	Curve No. 2
x	y	
2	10	4,399
4	13,145	8
6	14,170	9,970
8	13,988	10,622
10	11,381	
12		

	Curve No. 1	Curve No. 2
y	x	
2	0,901	0,318
4	1,816	0,639
6	2,819	0,983
8	4	1,404
10	2	
12	3,001	9,828

Da die Strömungscurven symmetrisch zur Diagonale OA liegen, welche selbst eine Strömungscurve ist, so genügten diese Werthe von x und y, um auch die Curven 3 und 4 in Fig. 6 zeichnen zu können.

Was nun die Versuche mit der aus Kupfer und Blei bestehenden Platte betrifft, so wurden diese hauptsächlich angestellt, um die Richtungsveränderung nachzuweisen, die ein elektrischer Strom bei dem Uebergang aus einer Metallplatte in eine andere von verschiedener Leitungsfähigkeit erleidet.

Die angewandte kreisförmige Scheibe hatte etwa 11 Par. Zoll im Durchmesser. Parallel mit der Löthungslinie PQ (Fig. 2) der beiden Metalle und senkrecht auf derselben war wieder mit Hülfe eines Federmessers ein Coordinatennetz eingerissen, dessen Linien 6‴ Par. von einander entfernt waren. Die beiden Elektroden waren im Blei angelöthet, so dafs, wenn wir den Mittelpunkt des Kreises als Anfangspunkt der Coordinaten betrachten, und die

Löthungslinie PQ als y-Axe annehmen, die Einströmungspunkte A und B die Coordinaten

$$a = 30''' \qquad \pm b = \pm 58{,}99$$

hatten. Die Beobachtung und Messung der Curven gleichen Potentials geschah ganz auf dieselbe Weise, wie bei den Versuchen mit der quadratischen Bleiplatte, nur wurde jetzt die Galvanometernadel der gröfseren Genauigkeit wegen durch ein Fernrohr beobachtet. Die Genauigkeit der Beobachtungen, die bei der quadratischen Bleiplatte 0,75 Par. Linien betragen haben mag, wurde durch den Gebrauch des Fernrohrs wesentlich vermehrt. Wenn auch im Kupfer, wo die Curven gleichen Potentials sehr langsam variiren, die Genauigkeit eine halbe Pariser Linie nicht überstieg, so glaube ich bei den Beobachtungen in der Bleihälfte noch weniger als eine Viertel Linie verbürgen zu können.

Die nicht ausgezogenen Curven in Fig. 7 Taf. IV stellen die so gefundenen Curven gleichen Potentials vor, und zwar in halber natürlicher Gröfse.

Die stark ausgezogenen Curven in derselben Fig. 7 sind die theoretischen Curven gleichen Potentials und man gelangt zu ihnen nach Kirchhoff folgendermafsen.

Einer unbegränzten Platte, welche aus zwei, durch die gerade Linie PQ (Fig. 5) getrennten Metallen von verschiedener Leitungsfähigkeit besteht, werde durch die Elektrode A die Elektricitätsmenge $+E$, durch die Elektrode B die Elektricitätsmenge $-E$ in der Zeiteinheit zugeführt, Nennt man u_1 das Potential der Elektricität in einem Punkte des ersten Metalls, in welchem sich die Elektroden befinden, r_1 und r'_1 die Entfernungen dieses Punktes von den Einströmungspunkten A und B, ϱ_1 und ϱ'_1 die Entfernungen desselben Punktes von zwei Punkten C und D, die da liegen, wo die Spiegelbilder von A und B liegen würden, wenn diese leuchtende Punkte und PQ eine spiegelnde Linie wäre; nennt man ferner u_2 das Potential der Elektricität für einen Punkt des zweiten Metalls, dessen Entfernungen von den Einströmungspunkten A und B, r_2 und r'_2 sind; k_1 und k_2 die Leitungsfähigkeiten, δ_1 und δ_2

die Dicken der beiden Theile, aus welchen die Platte besteht, so lassen sich die sämmtlichen Bedingungen, denen u_1 und u_2 genügen müssen, erfüllen, wenn man setzt

$$\left.\begin{aligned} u_1 &= M_1 - \frac{E}{2\pi k_1 \delta_1}\left(\log\frac{r_1}{r'_1} + a\log\frac{\varrho_1}{\varrho'_1}\right) \\ u_2 &= M_2 - \frac{E}{2\pi k_2 \delta_2}\, b\,.\log\frac{r_2}{r'_2} \end{aligned}\right\} \quad 4.$$

Die Constanten $M_1\ M_2\ a\ b$ müssen dann passend gewählt werden, d. h. sie müssen aus den Bedingungen bestimmt werden, die an der Gränze PQ beider Metalle zu erfüllen sind.

Nimmt man ein rechtwinkliges Coordinatensystem an, dessen Anfangspunkt ein Punkt der Linie PQ, dessen y-Axe die Linie PQ selbst ist, nennt man dann x_1 und y_1 die Coordinaten des Punktes, auf den sich u_1, x_2 und y_2 die Coordinaten des Punktes, auf den sich u_2 bezieht, so gelten an der Gränze beider Metalle folgende Bedingungsgleichungen: es mufs für

$$x_1 = x_2 = 0 \text{ und } y_1 = y_2$$

$$\left.\begin{aligned} k_1\delta_1\frac{\partial u_1}{\partial x_1} &= k_2\delta_2\frac{\partial u_2}{\partial x_2} \\ u_1 - u_2 &= K \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots 5$$

seyn, wo K die elektromotorische Kraft der beiden Metalle ist, aus denen die Platte besteht. Es wird nun für

$$x_1 = x_2 = 0 \qquad\qquad y_1 = y_2$$

$$\frac{\partial r_1}{\partial x_1} = -\frac{\partial \varrho_1}{\partial x_1} = \frac{\partial r_2}{\partial x_2} \qquad \frac{\partial r'_1}{\partial x_1} = -\frac{\partial \varrho'_1}{\partial x_1} = \frac{\partial r'_2}{\partial x_2} \quad \ldots 6.$$

Bildet man die Ausdrücke $\frac{\partial u_1}{\partial x_1}$ und $\frac{\partial u_2}{\partial x_2}$ und führt in ihnen mit Hülfe dieser Relationen 6 r_1 und r'_1 an Stelle von $\varrho_1\ \varrho'_1\ r_2\ r'_2$ ein, so findet man:

$$k_1\delta_1\frac{\partial u_1}{\partial x_1} = -\frac{E}{2\pi}(1-a)\left(\frac{1}{r_1}\frac{\partial r_1}{\partial x_1} - \frac{1}{r'_1}\frac{\partial r'_1}{\partial x_1}\right)$$

$$k_2\delta_2\frac{\partial u_2}{\partial x_2} = -\frac{E}{2\pi}\qquad b\left(\frac{1}{r_2}\frac{\partial r_1}{\partial x_1} - \frac{1}{r'_1}\frac{\partial r'_1}{\partial x_1}\right).$$

Die Ausdrücke von u_1 und u_2 werden durch eine ähnliche Umformung

$$\left.\begin{aligned} u_1 &= M_1 - \frac{E}{2\pi k_1 \delta_1}(1+a)\log\frac{r_1}{r'_1} \\ u_2 &= M_2 - \frac{E}{2\pi k_2 \delta_2} \qquad b\,\log\frac{r_1}{r'_1} \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots \; 7.$$

Die Gleichungen 5 werden daher erfüllt, wenn man setzt

$$1 - a = b \qquad\qquad 1 + a = b\,\frac{k_1\delta_1}{k_2\delta_2}$$

$$M_1 - M_2 = K$$

und aus diesen Gleichungen folgt

$$a = \frac{k_1\delta_1 - k_2\delta_2}{k_1\delta_1 + k_2\delta_2}$$

$$b = \frac{2k_2\delta_2}{k_1\delta_1 + k_2\delta_2}.$$

Die Gleichungen 4 zeigen, dafs in dem zweiten Theile der Platte die Strömungen gerade so vor sich gehen, als ob die ganze Platte aus demselben Metall, wie dieser Theil bestände, und in *A* Elektricität ein-, in *B* austräte. Die Curven gleichen Potentials sind die Kreise, deren Gleichung ist

$$\frac{r_2}{r'_2} = \text{const}$$

die auf diesen senkrecht stehenden Strömungscurven sind dann die durch *A* und *B* gelegten Kreise.

Die Curven gleichen Potentials im ersten Theile der Platte haben die Gleichung

$$\log\frac{r_1}{r'_1} + a\log\frac{\varrho_1}{\varrho'_1} = \text{const}$$

und sind also, wenn a irrational ist, transcendent. Bezeichnet man die Winkel, welche die Linien $r_1 r'_1\, \varrho_1 \varrho'_1$ mit einer beliebigen Linie, z. B. mit der Linie *PQ* bildet, resp. mit $\varphi_1 \varphi'_1\, \psi_1 \psi'_1$, so ist die Gleichung der Strömungscurven in dem ersten Theile der Platte

$$\varphi_1 - \varphi'_1 + a(\psi_1 - \psi'_1) = \text{const}.$$

Auch diese Curven sind transcendent, sobald a irrational ist. Welches aber auch der Werth von a seyn mag, immer kommt der Kreis unter ihnen vor, der durch die vier Punkte *A B C D* geht, oder mit anderen Worten, der Kreis, der

durch A und B geht und seinen Mittelpunkt in der Linie PQ hat. Für Punkte dieses Kreises hat nämlich $\varphi_1 - \varphi'_1$ als Peripherie-Winkel auf dem Bogen AB einen constanten Werth, und ebenso $\psi_1 - \psi'_1$ als Peripherie-Winkel auf dem Bogen CD. Da nun die in dem zweiten Theil der Platte gelegene Hälfte dieses Kreises auch eine Strömungscurve ist, so folgt, dafs die Gleichungen 4 auch dann noch gelten werden, wenn die Platte durch den bezeichneten Kreis begränzt ist. Sie gelten also auch für den Fall, auf den sich die angeführten Versuche beziehen.

Die Curven gleichen Potentials im Kupfer wurden folgendermafsen bestimmt. Nennt man $2b$ die Entfernung der Einströmungspunkte A und B von einander, r_2 und r'_2 die Entfernungen eines Punktes der Gränze beider Metalle von den Einströmungspunkten, so sind die Radien der Kreise, aus denen die Curven gleichen Potentials im Kupfer bestehen, durch die Gleichung bestimmt:

$$R = \frac{2b \cdot r_2 r'_2}{r_2^2 - r'^2_2}.$$

Die Werthe von r_2 und r'_2 wurden für beobachtete Punkte der Gränzlinie beider Metalle gemessen, und daraus R berechnet. Die folgende Tabelle giebt die so gemessenen Werthe von r_2 und r'_2 und die daraus berechneten Werthe von R.

Curve No.	r_2	r_2'	R
IV	32,12	111,02	37,24
V	41,76	93,87	65,42
VI	55,77	77,08	179,11

Die Mittelpunkte dieser Kreise liegen auf der Verbindungslinie von A und B oder deren Verlängerung. Mit Hülfe dieser Radien R sind die stark ausgezogenen Curven im Kupfer auf Fig. 7 Taf. IV gezeichnet.

Zur Berechnung der Curven gleichen Potentials im Blei war die Kenntnifs der Gröfse a nothwendig, welche Gröfse von dem Verhältnifs der Dicken und der Leitungsfähigkeiten der beiden Theile abhängt, aus denen die Platte besteht. Da die Angaben, welche über das Verhältnifs der

Leitungsfähigkeiten von Kupfer und Blei vorhanden sind, so sehr von einander abweichen, dafs dasselbe

von Lenz zu 0,1460

von Becquerel zu 0,0904

angegeben wird, so habe ich es vorgezogen, den Werth von a aus den Versuchen selbst zu bestimmen.

Wenn für zwei beobachtete Punkte derselben Curve gleichen Potentials im Blei die Gröfsen $r_1 r'_1 \varrho_1 \varrho'_1$ bekannt sind, so läfst sich dadurch a bestimmen. Diese Gröfsen müssen nämlich der Gleichung

$$\log \frac{r_1}{r'_1} + a \log \frac{\varrho_1}{\varrho'_1} = \text{const} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 8$$

genügen, und da die Punkte, auf die sich $r_1 r'_1 \varrho_1 \varrho'_1$ beziehen, derselben Curve angehören, so behält die Constante auf der rechten Seite dieser Gleichung denselben Werth. Man kann dann in die linke Seite der Gleichung 8 für $r_1 r'_1 \varrho_1 \varrho'_1$ die bei den beiden Punkten gemessenen Werthe einsetzen, und die so erhaltenen Ausdrücke gleichgesetzt, geben eine lineare Gleichung für a. Die folgende Tabelle giebt die für beobachtete Punkte der Curve III in Fig. 7 gemessenen Werthe von $r_1 r'_1 \varrho_1 \varrho'_1$. Der erste Punkt, der an der Gränze von Kupfer und Blei lag, wurde dabei mit allen übrigen combinirt, und so die in der letzten Columne angegebenen Werthe von a erhalten.

Curve No. III.

No.	r_1	r_1'	ϱ_1	ϱ_1'	a
1	31,00	128,73	31,00	128,73	
2	31,31	111,03	32,73	111,49	— 0,797
3	33,28	104,91	35,77	105,92	— 0,815
4	39,75	89,55	47,99	93,60	— 0,809
5	41,73	84,64	53,14	90,63	— 0,805
6	42,85	81,11	57,24	89,63	— 0,805
7	44,18	76,38	64,19	89,45	— 0,804
8	45,07	73,45	70,09	90,96	— 0,804
9	45,74	72,28	75,55	94,00	— 0,802
10	46,74	71,94	80,72	97,57	— 0,804
11	47,77	73,22	85,66	102,75	— 0,803
12	49,40	74,18	90,77	106,25	— 0,803
13	51,08	76,52	95,29	111,04	— 0,802
14	53,47	79,74	100,33	116,50	— 0,804
15	55,13	82,20	103,75	120,33	— 0,803
				Mittel	— 0,804

Ganz analog, wie mit der Curve No. III wurde mit der Curve No. V verfahren. Die folgende Tabelle giebt die bei dieser gemessenen Werthe von $r_1 r'_1 \varrho_1 \varrho'_1$ und die daraus berechneten Werthe von a.

Curve No. V.

No.	r_1	r_1'	ϱ_1	ϱ'_1	a
1	41,76	93,87	41,76	93,87	
2	44,81	87,58	47,42	89,14	— 0,782
3	48,04	81,10	53,82	84,75	— 0,804
4	50,02	75,57	59,91	82,09	— 0,803
5	50,38	73,14	63,18	82,50	— 0,772
6	50,84	69,72	69,76	83,84	— 0,789
7	51,20	67,51	74,07	85,27	— 0,797
8	51,52	66,48	79,22	88,65	— 0,796
9	52,05	66,53	83,97	93,76	— 0,778
10	53,05	67,38	88,77	98,05	— 0,803
11	54,66	68,80	93,62	102,56	— 0,807
12	56,41	70,84	98,28	107,21	— 0,805
13	58,82	73,83	103,40	112,58	— 0,804
14	61,00	76,92	107,74	117,47	— 0,799
				Mittel	— 0,795

Mit dem so gefundenen Werth von a, als Mittel aus beiden Curven (— 0,8) wurden nun die Curven gleichen Potentials im Blei berechnet. Es wurden in die erste Gleichung 4 zu dem Ende rechtwinklige Coordinaten eingeführt, deren Anfangspunkt der Mittelpunkt der Kreisscheibe, und deren y-Axe die Löthungslinie war, und dann der Werth von

$$\log \frac{r_1}{r'_1} - 0{,}8 \log \frac{\varrho_1}{\varrho'_1} = U \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 9.$$

ermittelt, der einem Punkte jeder beobachteten Curve entsprach. Die folgende Tabelle giebt die so gefundenen Werthe von M nebst den Coordinaten der Punkte, auf die sie sich beziehen.

Curve No.	x	y	U
I	18	54	— 1,23454
II	36	30	— 0,65927
III	0	66	— 0,24815
IV	0	48	— 0,21652
V	0	30	— 0,14096
VI	0	12	— 0,05625

Mit Hülfe dieser Werthe von U wurden dann diejenigen Werthe von y berechnet, die für constante Werthe von x der Gleichung 9 genügten. Die folgende Tabelle giebt die so berechneten Werthe von y mit den beobachteten verglichen.

x	y ber.	y beob.	Diff.	x	y ber.	y beob.	Diff.
			Curve No. I.				
42	44,27	44,27	0,00	54	47,76	47,67	— 0,09
			Curve No. II.				
9	52,02	52,42	0,40	42	30,58	30,75	0,17
18	36,22	36,57	0,35	54	35,09	35,05	— 0,04
30	30,52	30,60	0,08				
			Curve No. III.				
6	27,92	27,39	— 0,53	30	13,42	13,34	— 0,08
9	23,47	22,93	— 0,54	42	12,88	12,89	0,01
18	16,68	16,56	— 0,12	54	13,99	13,91	— 0,08
			Curve No. IV.				
6	24,82	24,65	— 0,17	30	11,80	11,84	0,04
9	20,83	20,79	— 0,04	42	11,30	11,86	0,56
18	14,72	15,02	0,30	54	12,25	12,06	— 0,19
			Curve No. V.				
6	16,81	16,38	— 0,43	30	7,80	7,47	— 0,33
9	14,05	13,52	— 0,53	42	7,43	7,41	— 0,02
18	9,88	9,69	— 0,19	54	8,02	7,82	— 0,20
			Curve No. VI.				
6	6,90	6,37	— 0,53	30	3,15	2,75	— 0,40
9	5,75	5,42	— 0,33	42	2,99	2,56	— 0,43
18	3,98	3,77	— 0,21	54	3,22	2,62	— 0,60

Die berechneten Werthe von y genügten um die theoretischen Curven gleichen Potentials zeichnen zu können, und diese sind dann durch die stark ausgezogenen Curven in Fig. 7 dargestellt.

Die schwach ausgezogenen Curven in derselben Figur sind senkrecht auf den theoretischen Curven gleichen Po-

tentials gezeichnet und stellen also die Strömungscurven der Elektricität vor.

Ich will hier noch bemerken, dafs ich bei allen Angaben der gemessenen Werthe von $r_1\, r_1{}^1\, r_2\, r_2{}^1\, \varrho_1\, \varrho_1{}^1$ sowie von y immer die Mittel aus den oberhalb und unterhalb der x-Axe gemessenen Werthen dieser Gröfsen angegeben habe, da die Curven symmetrisch zur x-Axe lagen, und so Fehler, die von Ungleichheiten der Scheibe und fehlerhafter Lage der Elektroden herrühren konnten, am ehesten vermieden wurden.

Aus dem Werth von a läfst sich das Verhältnifs der Leitungsfähigkeiten der beiden Theile der Platte berechnen, sobald man die Dicken derselben kennt. Zu dem Ende wurden aus denselben Blechen, aus denen die beiden Theile der Scheibe geschnitten waren, etwa $1\frac{1}{2}$ Quadratzoll grofse rechteckige Platten geschnitten, die Schnittflächen möglichst glatt gefeilt, und die Länge derselben gemessen. Alsdann wurden die ganzen Platten gewogen und ihr specifisches Gewicht bestimmt, welches bei 0° für das

$$\text{Blei} = 11{,}335 \qquad \text{Kupfer} = 8{,}902$$

gefunden wurde. Aus diesen Angaben wurden die Dicken der Blei- und Kupferhälfte, δ_1 und δ_2 berechnet, und

$$\delta_1 = 0''',377 \qquad \delta_2 = 0''',423$$

gefunden. Die Versuche selbst geben

$$a = \frac{k_1\delta_1 - k_2\delta_2}{k_1\delta_1 + k_2\delta_2} = -0{,}8$$

und daraus folgt dann

$$\frac{k_1}{k_2} = 0{,}1247$$

d. h. die Leitungsfähigkeiten von gewalztem Kupfer und Blei verhalten sich wie

$$100 : 12{,}47.$$

III. *Ueber die elektrischen Vorgänge bei der Elektrolyse; von R. Kohlrausch.*

(Zum Theil vorgetragen am 16 Mai 1855 in der Gesellschaft zur Beförderung der gesammten Naturwissenschaften in Marburg.)

Nach dem jetzigen Stande der Wissenschaft, wenigstens so weit man ihn aus der Litteratur erkennen kann, scheint es als ausgemachte Sache betrachtet zu werden, dafs der elektrische Strom in einem Elektrolyten etwas wesentlich anderes ist als der Strom im metallischen Theile des Schliefsungsbogens. Während man in letzterem die beiden Elektricitäten in entgegengesetzten Richtungen von Atom zu Atom des Metalles wandern, diese Atome selbst aber an ihrer Stelle bleiben läfst, wird der Elektrolyt gewissermafsen als *Isolator* betrachtet und der Strom kommt in ihm nur dadurch zu Stande, dafs die *ponderabelen Atome selbst*, die *einen* überladen mit positiver Elektricität in der Richtung des positiven Stroms, die *anderen* überladen mit negativer Elektricität in der entgegengesetzten Richtung fortwandern, so dafs hier die Bewegung der Elektricitäten an die Bewegung der ponderabelen Masse geknüpft erscheint. Nach der elektrochemischen Theorie erhalten aber die Atome ihre Ueberladung an Elektricität nicht erst durch die Polplatten der Zersetzungszelle oder durch die elektromotorische Kraft, sondern sie besitzen dieselbe schon von vorn herein. Im Wasseratom z. B. hat bei der chemischen Verbindung das Wasserstoffatom freie positive, das Sauerstoffatom ebenso viele freie negative Elektricität erhalten, und diese freien Elektricitäten, indem sie an die getrennten Atome geknüpft bleiben und mit ihnen wandern, bilden den Strom im Elektrolyten. Auf diese Art erklärt sich einfach der Zusammenhang zwischen der mit dem Magneten gemessenen Stromintensität im Drahte und der Menge der Zersetzungsproducte.

Diese Betrachtungsweise des Stromes im Elektrolyten

soll im Folgenden »*die elektrolytische Hypothese*« genannt werden. Sie erscheint so einfach und abgerundet, dafs man sie gern als ausgemachte Sache betrachten möchte und dafs sie vielfach als solche wirklich gelehrt wird. Fragt man aber die Gelehrten privatim um ihren Glauben an die Sache, so erfährt man, dafs dieser keineswegs auf sehr festen Füfsen steht; der Eine hat dieses, der Andere jenes Bedenken. In solchen Fällen bleibt nichts übrig, als die Hypothese, so weit es irgend thunlich ist, in ihren Consequenzen zu verfolgen, entweder um die Natur über diese Consequenzen zu befragen oder die Uebereinstimmung zwischen ihnen und anerkannten Naturgesetzen auf theoretischem Wege zu prüfen.

Ein Beitrag zu den Versuchen dieser Art ist die gegenwärtige Arbeit. Es mag entschuldigt werden, dafs im §. 1 derselbe Gedankengang beibehalten ist, welcher die Veranlassung zu der in den §§. 2 bis 5 durchgeführten experimentellen Untersuchung über die elektromagnetische Wirkung einer in der Elektrolyse befindlichen Flüssigkeit gab. In dem §. 6 ist dann das gewonnene Factum im Allgemeinen aus der elektrolytischen Hypothese erklärt, während in den §§. 7 und 8 eine tiefer eingehende Vergleichung der elektromagnetischen Wirkungen continuirlicher Doppelströme und discontinuirlicher rasch auf einander folgender Bewegungen einzelner elektrischer Massen zu der Ueberzeugung führt, dafs von dieser Seite der elektrolytischen Hypothese ein Vorwurf nicht gemacht werden kann, dieselbe vielmehr im vollen Einklange bleibt mit den anerkannten Gesetzen der Elektricitätslehre.

§. 1.

Wenn bei constantem Strome in jeder Sekunde eine gewisse Menge von dem positiven Bestandtheile des Elektrolyten an der Kathode ausgeschieden wird, so führt diese Menge in jeder Sekunde ein ganz bestimmtes Quantum positiver Elektricität der Kathode zu. Darüber, wie verhindert wird, dafs diese in der Richtung des positiven Stromes ankommende Elektricität sich nicht aufhäuft, könnte man

verschiedene Annahmen machen. Man könnte sagen, dafs sie, an der Polplatte angekommen, nun vermöge der stattfindenden elektromotorischen Kraft durch den Schliefsungsbogen weiter fliefse und in ihm den positiven Strom bilde. Oder man könnte der Ansicht seyn, dafs ein in entgegengesetzter Richtung kommender negativer Strom eine Neutralisation herbeiführe. Stellt man sich in diesem Falle die Frage, wo denn das so gebildete neutrale elektrische Fluidum bleibe, so wird man auf eine dritte und natürlichere Auslegung geführt.

Nach ihr enthält jeder Körper in seinem unelektrischen Zustande ein gewissermafsen zu seiner Existenz gehöriges bestimmtes Quantum von neutraler Elektricität. Als die Bestandtheile des Wassers sich chemisch verbanden, hat eine Zerlegung ihrer Elektricitäten stattgefunden; das Wasserstoffatom gab eine gewisse Menge $-q$ seines negativen Theils der neutralen Elektricität an das Sauerstoffatom ab, und dieses rückwärts eine Menge $+q$ (oder, wenn man will, q') seines positiven Theils an das Wasserstoffatom. Das letztere z. B. hat dann den Ueberschufs $2q$ an freier positiver Elektricität, doch ist das eine q dieses positiven Ueberschusses eigentlich als ein Mangel an negativer Elektricität zu betrachten. Wird das Atom wieder von seinem Nachbar getrennt und in die Lage gebracht, in einen unelektrischen Zustand zurückkehren zu können, so wird es die an dem negativen Theile seiner neutralen Elektricität fehlende Menge $-q$ aufnehmen, das überschüssige $+q$ aber abgeben.

Danach würde die dritte Auffassungsweise die seyn, dafs die Polplatte in der Richtung des positiven Stromes die Hälfte der mit dem positiven Bestandtheile des Elektrolyten ankommenden Elektricität aufnähme und fortführte, während in entgegengesetzter Richtung ein negativer Strom diesem Bestandtheile die zu seiner unelektrischen Existenz nothwendige aber noch fehlende andere Hälfte an negativer Elektricität zuführte. Und eben diese selbe Strömung im metallischen Theile des Schliefsungsbogens würde an

der anderen, nämlich der positiven Polplatte, genügen, dem negativen Bestandtheile des Elektrolyten bei seiner Ankunft das ihm Fehlende zu geben und seinen Ueberschufs fortzuleiten.

Wenn nun, *und das sind die Prämissen,*

a) in jeder Sekunde an jede der Polplatten doppelt so viele Elektricität gelangt, als diese in derselben Richtung fortführt, und wenn

b) nach der Grotthufs'schen Ansicht die in der Sekunde an den Polplatten ausgeschiedenen Quantitäten der Bestandtheile ebenfalls durch alle übrigen Querschnitte des Elektrolyten gleichzeitig hindurchgehen,

so kommt der eigenthümliche Schlufs zu Stande, dafs der Strom im Elektrolyten doppelt so stark seyn mufs als der im metallischen Theile des Schliefsungsbogens. Denn, um es rücksichtlich des positiven Stromes zu wiederholen: Für die Elektricitätsmenge $+2q$, welche im Elektrolyten in der Richtung des positiven Stromes wandert, geht im Drahte nach derselben Richtung nur $+q$; es wird aber durch das zweite $+q$ des Elektrolyten keine positive Elektricität auf der Kathode aufgehäuft, indem diefs $+q$ lediglich darum als frei erscheint, weil dem hier ausgeschiedenen Bestandtheil eine gleiche Menge derjenigen negativen Elektricität fehlt, welche ihm in seinem unelektrischen Zustande zukommt, dieser fehlende Theil $-q$ aber von der Polplatte wegen des negativen Stromes im Drahte im Augenblicke der Ausscheidung auf den betreffenden Bestandtheil des Elektrolyten übergeht.

Man täuscht sich, wenn man etwa glaubt, durch Anwendung von einer der anderen Auffassungsweisen oder von irgend einer vierten diesem Schlusse, dafs im Elektrolyten der Strom die doppelte Intensität haben müsse wie der im metallischen Schliefsungsbogen, aus dem Wege zu gehen. Man kommt dadurch, so lange man die obigen Prämissen festhält, entweder zu genau demselben Schlusse oder zu dem gleich bedeutenden: dafs im Drahte ein einfacher Strom ist von derselben Intensität wie jeder der beiden Ströme,

welche in entgegengesetzter Richtung den Elektrolyten durchlaufen.

Diese Betrachtungen mögen genügen, um die Anstellung der folgenden Versuche zu rechtfertigen.

§. 2.

Zur Prüfung der Frage, ob der Strom im Elektrolyten wirklich die doppelte Intensität wie im metallischen Leiter besitze, wählte ich den Magneten. Denn wenn das elektromagnetische Gesetz der Wirkung der einzelnen Stromelemente auf den Magneten ein in allen Fällen zulässiges war, so mufste auch die eine Hälfte des Stromes zwischen den Polplatten, welche gewissermafsen als ungeschlossener Strom auftrat, ihre Wirkung auf die Nadel auszuüben nicht verfehlen. Diefs vorausgesetzt, mufste also die Sache sich dadurch entscheiden lassen, dafs man zwei Magnete gleichzeitig beobachtete, den einen über oder unter dem in der Richtung des magnetischen Meridians ausgespannten Schliefsungsdrahte, den anderen über oder unter der in derselben Richtung lang ausgedehnten Zersetzungszelle.

Man denke sich also in einem grofsen Zimmer einen dünnen Kupferdraht in der Richtung des Meridians genau horizontal ausgespannt und an einer Stelle durch den Elektrolyten unterbrochen. Dieser befindet sich in einer ziemlich langen parallelepipedischen Zersetzungszelle von Holz, durch Wachs gegen das Eindringen der Flüssigkeit geschützt, an deren Enden sich die kupfernen Polplatten befinden, den Querschnitt des Kastens gerade ausfüllend. Von den Polplatten führen Drähte nach aufsen durch die Wand des Kastens und sind hier mit dem lang ausgespannten Drahte verknüpft, mit dem sie eine gerade Linie bilden.

Genau über der Mitte der Flüssigkeit hängt an einem langen Faden von der Decke des Zimmers herab ein cylindrischer mit einem Spiegel versehener Magnet und 3 Meter von ihm über dem langen Drahte ein zweiter eben solcher, beide sehr nahe in gleicher Höhe über der Linie des lang gespannten Drahtes. An den beiden Stellen, wo der letz-

tere die Wand des Zimmers trifft, läuft er *vertical aufwärts* bis zur Höhe der Magnete und nun *horizontal* an den Wänden fort bis zu der sehr weit entfernten Kette. Dieser ganze, in gleicher Höhe mit den Magneten fortlaufende Theil des Drahtes wirkt auf die Magnete beim Durchgange des Stromes nicht horizontal ablenkend, so dafs die Theile, von denen ein horizontales Drehungsmoment ausgeübt werden kann, vollkommen bestimmt sind. Es bedarf also nur der genauen Abmessung der Dimensionen, um die Drehungsmomente, welche von dem Strome auf beide Nadeln ausgeübt werden, durch die Rechnung mit einander zu vergleichen. Wenn in diese Rechnung die Stromintensität i im Drahte als möglicherweise verschieden von der Stromintensität $i_{,}$ im Elektrolyten eingeführt ist, so wird sich dann durch die Zusammenstellung der berechneten und der beobachteten Drehungsmomente das Verhältnifs der beiden Intensitäten i und $i_{,}$ bestimmen lassen.

§. 3.

Der Versuch selbst.

Von den Messungen, welche, sowohl wenn verdünnte Schwefelsäure als wenn eine Lösung von Kupfervitriol als Elektrolyt diente, angestellt wurden, gebe ich eine auf diesen letzten Fall sich beziehende, und theile alle Data mit, welche zur Controle der Rechnung erforderlich sind.

Die beiden Magnete hingen vor der Anstellung des Versuches einen Tag lang an ihren Kokonfäden, damit letztere sich nicht merklich während der Dauer der Messungen verlängerten. Es waren sehr kräftige Kupferdämpfer angebracht nebst Gehäusen zur Abwehr des Luftzuges. Zwei Beobachter notirten gleichzeitig die Stände der Scalen in den Ablesungsfernröhren, sowohl wenn die durch 8 Bunsen'sche Becher angeregte Kette geöffnet als wenn sie geschlossen war. Aus den mehrere Minuten hindurch fortgesetzten Aufzeichnungen konnte der Punkt der Scala, bei welchem der Magnet zur Ruhe gekommen wäre, mit grofser Schärfe bestimmt werden. Diese Scalenpunkte waren nun folgende

	Magnet I über der Flüssigkeit.	Magnet II über dem Drahte.
Ohne Strom	514,83	650,86
Oestliche Ablenkung	753,04	800.32
Ohne Strom	515,37	651,13
Westliche Ablenkung	262,21	496,39
Ohne Strom	516,20	651,63
Westliche Ablenkung	260,07	494,70
Ohne Strom	516,46	651,90
Oestliche Ablenkung	772,41	813,26
Ohne Strom	516,54	651,57.

Eine Entwicklung von Wasserstoffgas trat nicht auf.

Zur Vergleichung dieser Ablenkungen dienen folgende Angaben: Die Scalen waren genau rechtwinklich gegen die Visirlinie gestellt, Fernröhre und Scalen fast genau in der Höhe der Spiegel. Die durch die Visirlinie gelegte verticale Ebene traf bei der Scala I den Scalenpunkt 640, bei der Scala II den Scalenpunkt 500.

Entfernung der Scala I vom Spiegel gleich 2663^{mm},
während die Gröfse des Scalentheils gleich $\frac{2513}{2530}{}^{mm}$;
Entfernung der Scala II vom Spiegel gleich $1626^{mm},8$,
Die Gröfse des Scalentheils gleich 1^{mm}.

Wurde der Magnet I um 360° gedreht, so hatte sich seine Stellung um 22,7 Scalentheile geändert, während diese Aenderung beim Magneten II nur 2,18 Scalentheile betrug. Sind also für den Magneten I $m_{,}$, $T_{,}$ und $\vartheta_{,}$ sein magnetisches Moment, die Intensität des Erdmagnetismus und der Torsionscoëfficient des Fadens und stellen $m_{,,}$, $T_{,,}$ und $\vartheta_{,,}$ die entsprechenden Gröfsen für den Magneten II vor, so haben wir

$$\vartheta_{,} = 0{,}0013604\ T_{,}\ m_{,},$$
$$\vartheta_{,,} = 0{,}0002133\ T_{,,}\ m_{,,}.$$

Der Magnet II befand sich näher an einem Saale, in welchem gröfsere Magnete aufbewahrt wurden, so dafs $T_{,}$ und $T_{,,}$ verglichen werden mufsten. An der Stelle des Magneten I, während der Magnet II hängen blieb, hatte ein dritter an einem dritten Faden aufgehängter Magnet

die auf unendlich kleine Schwingungen reducirte Schwingungsdauer von 6,9022 Sekunden; an der Stelle II, während der Magnet I an seinem Orte sich befand, von 6,8954. Daraus folgt

$$T_{,} : T_{,,} = 47547 : 47640.$$

Werden nun alle diese Umstände in Betracht gezogen und wird die Ablenkung bestimmt, welche die Magnete durch den Strom erfahren haben würden, wenn die Torsionskraft ihrer Fäden $= 0$ gewesen wäre und an beiden Orten die Intensität $T_{,,}$ des Erdmagnetismus geherrscht hätte, so ergeben sich in Sekunden die Ablenkungsbogen $v_{,}$ und $v_{,,}$.

	Ablenkung			
	östlich	westlich	westlich	östlich
$v_{,}$ des Magneten I	9142	9657	9759	9831
$v_{,,}$ des Magneten II	9284	9800	9932	10021
$\frac{\operatorname{tg} v_{,}}{\operatorname{tg} v_{,,}}$	0,98464	0,98542	0,98261	0,98097

oder im Mittel $\frac{\operatorname{tg} v_{,}}{\operatorname{tg} v_{,,}} = 0{,}98341$.

Diesen Quotienten der Tangenten werden wir demnächst gebrauchen; von dem mittleren weichen die einzelnen noch nicht um 0,3 Proc. ab.

Zu der Berechnung der Drehungsmomente, welche von dem Strome auf die Magnete ausgeübt wurden, gehört noch die Angabe folgender Dimensionen, bei welchen das Millimeter zur Einheit dient:

	mm
Länge des Flüssigkeitsprisma's	282
Breite $2b$ desselben	40
Höhe c desselben	64,5
Länge des Magneten I	60
Durchmesser desselben	10,3
Höhe ϱ der Axe dieses Magneten über der Oberfläche des Elektrolyten	71,95
Höhe $\varrho_{,}$ dieser Axe über dem langgespannten Drahte	107,65

	mm
Länge dieses Drahtes von dem nördlichen Ende des Elektrolyten bis zur Wand .	1720
hier in die Höhe geführt um	107
Länge des Drahtes vom südlichen Ende des Elektrolyten bis zur entgegengesetzten Wand	5400
hier in die Höhe geführt um	100
Südlich vom Elektrolyten hing der Magnet II. Entfernung seines Mittelpunktes:	
von der Mitte des anderen Magneten . .	3141
von dem nördlichen verticalen Drahtstücke .	5002
von dem südlichen verticalen Drahtstücke .	2400
Länge dieses Magneten	100
Dicke desselben	10,9
Höhe r seiner Axe über der Axe des langgespannten, 0,5mm dicken, Drahtes . . .	100,75.

§. 4.

Berechnung der Drehungsmomente.

a. Allgemeine Bestimmungen.

1. Das Gesetz der elektromagnetischen Wirkung eines Stromelementes auf den Magnetismus ist folgendes:

Ein Stromelement von der Länge α und der Stromintensität i übt auf ein in der Entfernung r befindliches in einem Punkte concentrirtes nordmagnetisches Fluidum μ eine Kraft aus von der Gröſse

$$\frac{\alpha i \mu \sin\varphi}{r^2},$$

wobei φ den Winkel bedeutet, den die Richtung des Stromes mit der Verbindungslinie r macht. Durch diese Kraft wird μ normal zu der Ebene fortgetrieben, welche durch den Ort von μ und die Richtung von α gelegt wird und zwar nach links, wenn man in der Richtung des Stromes mit dem Kopfe vorausschwimmend nach dem Fluidum hinsieht.

2. Durch dieses Gesetz läſst sich leicht die Wirkung

eines geradlinigten begränzten Stückes eines Stromes auf das Fluidum μ bestimmen. Der Abstand desselben von der Richtung des Stromes sey ϱ, der Abstand des Stromelementes von dem Fufspunkte des Perpendikels ϱ sey x, positiv gerechnet in der Richtung des Stromes. Das Stromelement selbst hat dann die Länge dx, während $\sin\varphi = \frac{\varrho}{r}$ wird und $r = \sqrt{\varrho^2 + x^2}$. Ist nun der Anfang des Stromes in der Entfernung $x = a_{,}$ vom Fufspunkte des Perpendikels ϱ und sein Ende in der Entfernung $x = a$, so ist die auf das Fluidum μ oder seinen Träger ausgeübte beschleunigende Kraft

$$k = \varrho i \mu \int_{a_{,}}^{a} \frac{dx}{(\varrho^2 + x^2)^{\frac{3}{2}}} = \frac{i\mu}{\varrho}\left(\frac{a}{\sqrt{\varrho^2 + a^2}} - \frac{a_{,}}{\sqrt{\varrho^2 + a_{,}^2}}\right).$$

3. Liegt ein begränzter geradlinigter Strom horizontal im magnetischen Meridian, während sich vertical über ihm ein horizontaler Magnet ebenfalls im Meridian befindet, so läfst sich das auf den Magneten ausgeübte Drehungsmoment nach dieser Formel bestimmen, sobald man berechtigt ist, statt der im Magneten wirklich stattfindenden Vertheilung des Magnetismus die beiden Fluida in zwei bestimmten Punkten sich concentrirt zu denken. Haben nämlich diese Punkte, die wir Pole nennen können, den Abstand β von einander und hat man von der Mitte der Linie β das Perpendikel ϱ auf die Richtung des Stromes gefällt, den Fufspunkt dieses Perpendikels zum Anfangspunkte der x gemacht (diese positiv gerechnet in der Richtung des Stromes), und beginnt nun der Strom in dem Punkte $x = \alpha_{,}$, hört auf im Punkte $x = \alpha$, so ist die Wirkung auf den einen Pol gleich

$$\frac{i\mu}{\varrho}\left(\frac{\alpha + \frac{1}{2}\beta}{\sqrt{\varrho^2 + (\alpha + \frac{1}{2}\beta)^2}} - \frac{\alpha_{,} + \frac{1}{2}\beta}{\sqrt{\varrho^2 + (\alpha_{,} + \frac{1}{2}\beta)^2}}\right),$$

die Wirkung auf den anderen gleich

$$-\frac{i\mu}{\varrho}\left(\frac{\alpha - \frac{1}{2}\beta}{\sqrt{\varrho^2 + (\alpha - \frac{1}{2}\beta)^2}} - \frac{\alpha_{,} - \frac{1}{2}\beta}{\sqrt{\varrho^2 + (\alpha_{,} - \frac{1}{2}\beta)^2}}\right),$$

wobei $\frac{1}{2}\beta$ immer positiv zu nehmen, dem μ aber ein $+$ oder $-$ Zeichen zu geben ist, je nachdem ein Nord- oder Südpol betrachtet wird. Diese Kräfte erhalten danach immer entgegengesetzte Vorzeichen, welche sich auf ihre Richtungen beziehen, d. h. sie wirken immer beide in demselben Sinne drehend an zwei Hebelarmen, welche bei einem gleichförmig magnetisirten Stahlcylinder gleich sind, also gleich $\frac{1}{2}\beta$. Schreiben wir dann m, das magnetische Moment, statt $\beta\mu$, so lautet das Drehungsmoment

$$1)\quad D = \frac{1}{2}\frac{im}{\varrho}\left(\frac{\alpha+\frac{1}{2}\beta}{\sqrt{\varrho^2+(\alpha+\frac{1}{2}\beta)^2}} - \frac{\alpha_{,}+\frac{1}{2}\beta}{\sqrt{\varrho^2+(\alpha_{,}+\frac{1}{2}\beta)^2}} + \frac{\alpha-\frac{1}{2}\beta}{\sqrt{\varrho^2+(\alpha-\frac{1}{2}\beta)^2}} - \frac{\alpha_{,}-\frac{1}{2}\beta}{\sqrt{\varrho^2+(\alpha_{,}-\frac{1}{2}\beta)^2}}\right).$$

4. Ganz ähnlich gestaltet sich das Drehungsmoment, welches auf einen horizontalen Magneten von einem, die Verlängerung seiner Axe kreuzenden *verticalen* Strome von der Länge γ ausgeübt wird. Liegt der höchste Punkt des Stromes in der horizontalen Höhe des Magneten und ist die Entfernung dieses Punktes von dem Mittelpunkt des Magneten gleich $\mathfrak{r}$, so ist die Wirkung auf den einen Pol gleich

$$\frac{i\mu}{\mathfrak{r}-\frac{1}{2}\beta}\cdot\frac{\gamma}{\sqrt{(\mathfrak{r}-\frac{1}{2}\beta)^2+\gamma^2}},$$

die auf den anderen aber

$$-\frac{i\mu}{\mathfrak{r}+\frac{1}{2}\beta}\cdot\frac{\gamma}{\sqrt{(\mathfrak{r}+\frac{1}{2}\beta)^2+\gamma^2}},$$

mithin das Drehungsmoment

$$2)\quad D = \frac{1}{2}im\gamma\left[\frac{1}{(\mathfrak{r}-\frac{1}{2}\beta)\sqrt{(\mathfrak{r}-\frac{1}{2}\beta)^2+\gamma^2}} + \frac{1}{(\mathfrak{r}+\frac{1}{2}\beta)\sqrt{(\mathfrak{r}+\frac{1}{2}\beta)^2+\gamma^2}}\right].$$

b. Bestimmung der Drehungsmomente, welche von der Drahtleitung herrühren.

Die Wirkungen, welche bei dem obigen Versuche der Strom in den Drahtleitungen auf die Magnete ausgeübt hat, werden wir nun nach den beiden Gleichungen 1 und 2 bestimmen können. Sie zerfallen für jeden Magneten in

vier Drehungsmomente, herrührend von dem nördlichen und südlichen verticalen Drahtstücke, und von dem nördlichen und südlichen horizontalen Theile der langen Leitung, welche durch den Elektrolyten unterbrochen ist. Die von diesen Stromtheilen ausgeübten Drehungsmomente sollen in der eben genannten Reihenfolge, da wo sie sich auf den Magneten I über dem Elektrolyten beziehen, vorgestellt werden durch

$$d_{\prime}' \quad d_{\prime\prime}' \quad d_{\prime\prime\prime}' \text{ und } d_{\prime\prime\prime\prime}';$$

da aber, wo der Magnet II über dem Drahte gemeint ist, durch

$$d_{\prime}'' \quad d_{\prime\prime}'' \quad d_{\prime\prime\prime}'' \text{ und } d_{\prime\prime\prime\prime}''.$$

Die beiden in unserem Falle angewendeten Magnete von glashartem englischem Gufsstahl waren als sehr gleichmäfsig magnetisirt befunden. Wenn es auch nicht möglich ist, mit gröfserer Genauigkeit anzugeben, wo in ihnen die Punkte liegen, in denen gerade bei unserem Versuche die magnetischen Fluida concentrirt gedacht werden müssen, so leuchtet doch aus der Form des Ausdruckes für das Drehungsmoment ein, dafs darauf sehr wenig ankommt, sobald $\frac{1}{2}\beta$ gegen α und $\alpha_{\prime}$ nur klein ist. Diefs ist in sehr hohem Grade der Fall beim Magneten II, so dafs es in der That für die Anzahl von Ziffern, welche in die Rechnung gezogen werden sollen, gleichgültig erscheint, wohin bei diesem Magneten die Punkte verlegt werden. Bei ihm ist $\frac{1}{2}\beta = 33^{mm}$ gesetzt; das Resultat würde sich jedoch nicht verändert haben, wenn $\frac{1}{2}\beta = 0$, d. h. dieser Magnet unendlich klein angenommen wäre.

Für den Magneten I über dem Elektrolyten scheint mehr darauf anzukommen, dafs $\frac{1}{2}\beta$ richtig bestimmt sey, weil es hier gegen α oder $\alpha_{\prime}$ in zwei Fällen nicht gerade sehr klein erscheint. Bei einem Magneten von seinen Dimensionen läfst es sich rechtfertigen, den Abstand der idealen Pole von der Mitte gleich einem Drittheil der Länge des ganzen Magneten anzunehmen. So ist denn für den Magneten I

$$\frac{1}{2}\beta = 20^{mm}$$

angenommen. Sollte darin auch ein Fehler von einigen

Millimetern begangen worden seyn, so sieht man doch sogleich, dafs dieser auf das Endresultat nur einen ganz geringen Einflufs auszuüben im Stande sey, weil durch ihn der Einflufs des Elektrolyten gerade in entgegengesetzter Weise afficirt wird wie der Einflufs der Drahtleitungen. Ich habe mir die Mühe gegeben, die ganze Rechnung für den Fall zu wiederholen, dafs $\frac{1}{2}\beta = 22^{mm}$ sey, das Resultat jedoch nur in der letzten Ziffer von dem weiter unten mitzutheilenden Endresultate abweichend gefunden.

In der folgenden Tabelle sind die Werthe der Drehungsmomente aufgeführt nebst Angabe der Werthe, welche bei der Berechnung in die Gleichungen 1 oder 2 einzusetzen waren.

Drehungsmoment	$\frac{1}{2}\beta$	r	γ	ϱ	α	$\alpha_{,}$
$d_{,}^{I} = im_{,} . 0{,}000031$	20	1841	107,65			
$d_{,,}^{I} = im_{,} . 0{,}000003$	20	5541	107,65 [1])			
$d_{,,,}^{I} = im_{,} . 0{,}001943$	20			107,65	— 141	—1861
$d_{IV}^{I} = im_{,} . 0{,}001956$	20			107,65	5541	141
$d_{,}^{II} = im_{,,} . 0{,}000004$	33	5002	100,75 [1])			
$d_{,,}^{II} = im_{,,} . 0{,}000017$	33	2400	100,75			
$d_{,,,}^{II} = im_{,,} . 0{,}000003$	33			100,75	—3282	—5002
$d_{IV}^{II} = im_{,,} . 0{,}019837$	33			100,75	2400	—3054

Die vier Drehungsmomente betragen also für den Magneten I zusammen

$$d_{,}' + d_{,,}' + d_{,,,}' + d_{IV}' = im_{,} . 0{,}003933;$$

und für den Magneten II

$$d_{,}'' + d_{,,}'' + d_{,,,}'' + d_{IV}'' = im_{,,} . 0{,}019861.$$

c. **Bestimmung der Drehungsmomente, welche von dem Elektrolyten herrühren.**

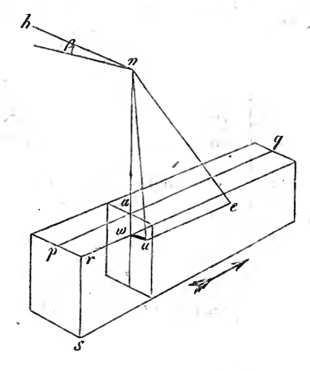
Um das Drehungsmoment zu berechnen, welches der Elektrolyt auf den über ihm hängenden Magneten ausübt,

1) γ besafs diese Gröfse in Wirklichkeit nicht genau; es war für $d_{,,}^{I}$ nur 100^{mm}, für $d_{,}^{II}$ 107. Niemand wird sich daran stofsen, sobald er sieht, dafs es sich nicht um eine Einheit in der letzten Ziffer des Drehungsmomentes handelt.

wenn er von dem noch als unbekannt angesehenen Strom $i_{,}$ durchflossen wird, wollen wir voraussetzen, dieser Strom gehe in gleichförmiger Verbreitung durch ihn hindurch, und wollen dann auf die Stromelemente dasselbe Gesetz anwenden wie auf den Draht.

Die durch die Axe des im Meridian befindlichen Magneten gelegte verticale Ebene halbirt das Flüssigkeitsparallelepiped und jede der beiden Stromhälften übt dieselbe Wirkung auf den Magneten aus, so daſs wir, um die Rechnung zu vereinfachen, die Wirkung der einen Hälfte verdoppeln.

Im Punkte n sey der Nordmagnetismus $\mu_{,}$ der Nadel concentrirt, in dem vertical unter n in der Entfernung ϱ gelegenen Punkte a der zugewandten Oberfläche der Flüs-



sigkeit sey der Anfangspunkt der Coordinaten, die x horizontal und positiv in der Richtung des Stromes, die y horizontal und rechtwinklich gegen die Richtung des Stromes, die z vertical gerechnet. y und z bleiben positiv für die in der betrachteten Hälfte des Stromes gelegenen Stromelemente.

Ein solches in irgend einem Punkte e gelegenes Stromelement von der Länge α übt nun auf den Magnetismus $\mu_{,}$ die Kraft

$$\frac{\alpha \mu_{,} i' \sin \varphi}{r^2}.$$

aus, wobei i' die Intensität des dem Elemente α angehörigen Theiles des Gesammtstromes $i_,$ ist. Wenn aber b die halbe Breite pr der Flüssigkeit und c die Tiefe rs derselben vorstellt, so ist

$$i' = i_, \frac{dy\,dz}{2bc}.$$

Der Winkel φ ist der, welchen die Richtung des Elementes α mit r macht, so daſs für jedes Element

$$\sin\varphi = \frac{nu}{ne} = \frac{\sqrt{y^2+(\varrho+z)^2}}{r}.$$

Diese Kraft hat, sobald nicht $y=0$ ist, keine horizontale Richtung, sondern macht mit der horizontalen nh einen Winkel β, welcher dem Neigungswinkel der beiden Ebenen gleich ist, die von n durch das Element α und durch die Mitte pq des Parallelepipedes gelegt werden. Da

$$\cos\beta = \frac{wn}{un} = \frac{\varrho+z}{\sqrt{y^2+(\varrho+z)^2}},$$

und

$$r = \sqrt{x^2+y^2+(\varrho+z)^2},$$

so ist die horizontale Componente der von dem Stromelement α auf den Magnetismus $\mu_,$ ausgeübten Kraft gleich

$$\frac{\mu_, i_, (\varrho+z)\,dx\,dy\,dz}{2bc[x^2+y^2+(\varrho+z)^2]^{\frac{3}{2}}}.$$

Das von dem parallelepipedischen Strome der gesammten Flüssigkeit auf den Magneten I ausgeübte Drehungsmoment ist also, wenn

$$pa = -a_, \text{ und } aq = a$$

gesetzt wird,

$$d'_r = \frac{m_, i_,}{bc}\int_0^b dy \int_{-a_,}^a dx \int_0^c \frac{(\varrho+z)\,dz}{[x^2+y^2+(\varrho+z)^2]^{\frac{3}{2}}}.$$

Integrirt man in der angegebenen Reihenfolge zuerst nach z, dann nach x, so erhält man

$$d'_v = \frac{m_i i_i}{bc}\Big(\int_0^b l(a+\sqrt{a^2+\varrho^2+y^2})\,dy - \int_0^b l(-a_i+\sqrt{a_i^2+\varrho^2+y^2})\,dy$$

$$-\int_0^b l[a+\sqrt{a^2+(\varrho+c)^2+y^2}]\,dy + \int_0^b l[-a_i+\sqrt{a_i^2+(\varrho+c)^2+y^2})\,dy\Big).$$

Die zu integrirenden Ausdrücke haben alle die Form

$$J = \int l(A+\sqrt{B^2+y^2})\,dy.$$

Setzt man $\sqrt{B^2+y^2} = y+z$, so wird

$$J = -\tfrac{1}{2}\Big[\frac{z^2-B^2}{z}\,l\Big(\frac{2Az+B^2+z^2}{2z}\Big) - \int\frac{(z^2-B^2)^2\,dz}{z^2(2Az+B^2+z^2)}\Big],$$

während das Integral J' der Parenthese

$$J' = \frac{z^2-B^2}{z} - A\,l z^2 - 4\sqrt{B^2-A^2}\ \text{arc. tgs}\ \frac{z+A}{\sqrt{A^2+B^2}}.$$

Substituirt man dann die Werthe von z und z^2 und setzt die Gränzen ein, so erhält man

$$J^b{}_0 = -\tfrac{1}{2}\Big\{2b\Big[1-l\Big(A-b+\frac{B^2}{-b+\sqrt{B^2+b^2}}\Big)\Big]$$

$$+A\,l\Big[1-\frac{2b}{B^2}\Big(-b+\sqrt{B^2+b^2}\Big)\Big]$$

$$+4\sqrt{B^2-A^2}\Big[\text{arc. tgs}\ \frac{A-b+\sqrt{B^2+b^2}}{\sqrt{B^2-A^2}} - \text{arc. tgs}\ \frac{A+B}{\sqrt{B^2-A^2}}\Big]\Big\}.$$

Die vier Integrale der Gleichung für d'_v können aus dieser Gleichung für $J^b{}_0$ hingeschrieben werden, wenn man berücksichtigt, dafs

im ersten $A = a$, $B^2 = a^2+\varrho^2$,
im zweiten $A = -a_i$, $B^2 = a_i^2+\varrho^2$,
im dritten $A = a$, $B^2 = a^2+(\varrho+c)^2$,
im vierten $A = -a_i$, $B^2 = a_i^2+(\varrho+c)^2$

ist. Dann lautet das Drehungsmoment

$$
d'_v = \frac{m_i i_i}{bc} \left\{
\begin{aligned}
& b\Big[l\Big(a-b+\frac{a^2+\varrho^2}{-b+\sqrt{a^2+b^2+\varrho^2}}\Big) - l\Big(a-b+\frac{a^2+(\varrho+c)^2}{-b+\sqrt{a^2+b^2+(\varrho+c)^2}}\Big) \\
& \qquad + l\Big(-a_i-b+\frac{a_i^2+(\varrho+c)^2}{-b+\sqrt{a_i^2+b^2+(\varrho+c)^2}}\Big) - l\Big(-a_i-b+\frac{a_i^2+\varrho^2}{-b+\sqrt{a_i^2+b^2+\varrho^2}}\Big)\Big] \\
& + \frac{a}{2}\Big[l\Big(1-\frac{2b[-b+\sqrt{a^2+b^2+(\varrho+c)^2}]}{a^2+(\varrho+c)^2}\Big) - l\Big(1-\frac{2b(-b+\sqrt{a^2+b^2+\varrho^2})}{a^2+\varrho^2}\Big)\Big] \\
& + \frac{a_i}{2}\Big[l\Big(1-\frac{2b[-b+\sqrt{a_i^2+b^2+(\varrho+c)^2}]}{a_i^2+(\varrho+c)^2}\Big) - l\Big(1-\frac{2b(-b+\sqrt{a_i^2+b^2+\varrho^2})}{a_i^2+\varrho^2}\Big)\Big] \\
& + 2\varrho\Big[\text{arc. tgs}\,\frac{a+\sqrt{a^2+\varrho^2}}{\varrho} - \text{arc. tgs}\,\frac{a-b+\sqrt{a^2+b^2+\varrho^2}}{\varrho} \\
& \qquad + \text{arc. tgs}\,\frac{-a_i-b+\sqrt{a_i^2+b^2+\varrho^2}}{\varrho} - \text{arc. tgs}\,\frac{-a_i+\sqrt{a_i^2+\varrho^2}}{\varrho}\Big] \\
& + 2(\varrho+c)\Big[\text{arc. tgs}\,\frac{a-b+\sqrt{a^2+b^2+(\varrho+c)^2}}{\varrho+c} - \text{arc. tgs}\,\frac{a+\sqrt{a^2+(\varrho+c)^2}}{\varrho+c} \\
& \qquad + \text{arc. tgs}\,\frac{-a_i+\sqrt{a_i^2+(\varrho+c)^2}}{\varrho+c} - \text{arc. tgs}\,\frac{-a_i-b+\sqrt{a_i^2+b^2+(\varrho+c)^2}}{\varrho+c}\Big]
\end{aligned}
\right\}
$$

Setzt man hierin den Dimensionen gemäfs
$\varrho = 71{,}95$, $a = 161$, $a_, = 121$ [1]), $b = 20$, $c = 64{,}5$,
so wird

$$d'_v = i_, m_, \, 0{,}015816.$$

Dieselbe Formel kann man aber auch benutzen, um das von dem Elektrolyten auf den Magneten II ausgeübte kleine Drehungsmoment d''_v zu bestimmen, indem man $\varrho = 65{,}05$, $a = -2967$ und $a_, = 3249$ setzt, und findet dann nicht ganz

$$d''_v = i_, m_{,,} \, 0{,}000002,$$

ungefähr dasselbe, was man gefunden haben würde, wenn man statt des parallelepipedischen Stromes einen linearen Strom von derselben Länge gehabt hätte in der Höhe der horizontalen Drahtleitung.

1) Der Natur der Sache nach können die Werthe von a und $a_,$ auch vertauscht werden, ohne dafs das Resultat sich ändert.

(Schlufs im nächsten Heft.)

IV. *Ueber die Wirkung nicht-leitender Körper bei der elektrischen Induction*[1]; *von M. Faraday und P. Riefs.*

(*Philosoph. Magaz. Ser. IV. Vol. XI. p.* 1.)

Der nachfolgende Brief erklärt sich selbst. Ich habe darauf eine sehr verbindliche Antwort von Hrn. Riefs erhalten, welche ich demselben hinzuzufügen wünsche. Ich habe das Englische der Antwort ein wenig geändert, hauptsächlich in einzelnen kleinen Worten und nur in solchen Fällen, wo ich glaubte, die Aenderung würde die Meinung des Verfassers klarer machen. Gewisse Ausdrücke von Hrn. Riefs verlangen fast eine Antwort. In Bezug auf diese Fälle und um Zweideutigkeit in Betreff meiner eignen Meinung zu entfernen, habe ich gewagt, einige Anmerkungen hinzuzufügen, nicht um eine Discussion über Hypothesen zu erregen, sondern um meine Ansicht (dem Leser) zu erläutern. Es ist nicht die Pflicht oder das Amt eines Naturforschers Glauben zu dictiren, und jede Hypothese ist mehr oder weniger Sache des Glaubens; er hat nur seine Thatsachen und seine Schlüsse zu geben, und so viel von der Logik, welche die ersteren mit den letzteren verknüpft, als er für nothwendig halten mag; dann hat er das Ganze der wissenschaftlichen Welt zur gegenwärtigen, und, wie er zuweilen ohne Anmafsung glauben darf, zur künftigen Beurtheilung zu überliefern.

London, 19. Nov. 1855.

Eben erst habe ich Ihren Aufsatz über die Wirkung nichtleitender Körper bei der elektrischen Induction kennen gelernt; ich hatte ihn zwar schon in Poggendorff's Annalen gesehen[2]), vermochte ihn aber nicht zu lesen. Im Juniheft des *Philosophical Magazine* d. J. *Vol. IX. p.* 401 ist jedoch eine Uebersetzung davon erschienen, und aus dieser ersehe ich, dafs es mir nicht gelungen ist, Ihnen (und deshalb vermuthlich auch Anderen) meine wahre Meinung beizubringen, vielmehr das, was sie für meine Ansicht halten, in einigen sehr wichtigen Punkten absolut das Gegentheil davon ist. Sie werden sich nicht wundern, dafs es mir daran liegt, mich in einer solchen Sache zu rechtfertigen gegen Jemand, der eine so hohe Stellung in der Wissen-

1) D. h. hier immer: Elektricitätsvertheilung. P.
2) Es ist der Aufsatz in d. Ann. Bd. 92, S. 377. P.

schaft einnimmt wie Sie. Ich mufs mich hiebei auf das *Philosophical Magazine* beziehen, denn wenn ich auch die Richtigkeit der Uebersetzung nicht zu beurtheilen vermag, habe ich doch keinen anderen Weg zu Ihrem Aufsatz zu gelangen.

Unten auf *p.* 402 sagt der Aufsatz, Faraday habe sich bemüht, die Ansicht durchzuführen *»that induction is not produced by the action of electricity across space, but that an electric body acts only on the contiguous particles of an insulating medium,« etc.* Wenn Sie meine Aufsätze nachschlagen, so werden Sie finden, dafs ich ganz zu Anfange des über Induction (1165) [1]) diese Ansicht speciell auf die Fälle der *gewöhnlichen Induction* beschränkt habe, d. h. auf Fälle, wo Materie zugegen ist; in (1215) ist dieser Ausdruck wiederholt, und abermals in den *Experiment. Research. Vol. II, p.* 267. Statt zu sagen, Induction könne nicht querdurch den Raum geschehen, habe ich speciell von dem Fall eines Vacuums gesprochen (1613 — 1616), welcher Fall in einem Briefe an Dr. Hare (*Exp. Res. Vol. II, p.* 262, 266) weitläufiger betrachtet ist.

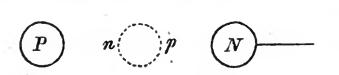
Pag. 403 des *Phil. Mag.* sagt Ihr Aufsatz: *»It follows from other experiments made by Faraday* (1218) *that the induction would have been diminished had a conducting plate been introduced between the two; for, according to Faraday's opinion, the introduction of a conducting plate would have caused the induction to take place in curved lines around the edges of the plate, instead of in right lines through the intervening stratum of air.«* Wenn diese Uebersetzung Ihre Meinung ausspricht, so kann ich nicht finden, welcher Ausdruck von mir Sie verleitet hat zu glauben, das Obige sey meine Meinung. Nirgendwo habe ich gesagt oder angedeutet, dafs die Einschiebung einer solchen Platte die Induction vermindere oder sie veranlasse nur in um die Ränder derselben herumbiegenden

1) Die hier citirten Paragraphen finden sich in des Hrn. Verf. 11ter, 12ter und 13ter Reihe von Untersuchungen, die im Bd. 46, 47 und 48 dies. Ann. enthalten sind. *P.*

oder mehr als zuvor gekrümmten Linien stattzufinden. Im Gegentheil weiſs ich, daſs vermöge einer solchen Platte mehr Kraftlinien durch den von ihr eingenommenen Raum gehen als zuvor, daſs, was diesen Theil des Raumes betrifft, die Induction durch die bessere Function der Leitung ersetzt seyn wird, daſs diese, statt die Induction zu hemmen, das Endresultat begünstigen wird, obgleich dieses Resultat durch die Gröſse und Gestalt der Platte, durch die Abstände von ihr und den wirkenden Körpern und durch andere Umstände verwickelt werden würde, wie es Ihr Aufsatz so gut nachweist.

Der Fall von mir, auf welchen Ihr Aufsatz sich oben (1218) bezieht, ist einer von denen, welchen ich suchte, als die *Möglichkeit* der Induction in krummen Linien darthuend, und er ist nicht angeführt als Beweis, daſs sie *stets* in krummen Linien geschehen müsse, was meinen Gedanken sehr fern liegt. Bei ihm ist das erwähnte Metallstück (Kugel, Halbkugel oder Platte) nicht isolirt, sondern abgeleitet (*uninsulated*) (1218—1230). Der Leiter bildet auch das Ende der Induction und ist nicht in die Bahn der Induction eingeschoben; Fälle so verschiedener Art, daſs viel des Räsonnements, welches für den einen gilt, keine Beziehung zu dem anderen hat. Der letztere Fall ist, weil ich ihn für allgemein bekannt hielt, nicht speciell in den *Experiment. Research.* angeführt, wohl aber in dem Briefe an Dr. Hare (*Collect. Exp. Res. Vol. II. p.* 163).

Vielleicht wird Ihnen die folgende Auffassungsweise meine Ansichten klar machen. Sey P ein isolirter geladener Körper, der auf N, einen unisolirten metallischen Körper, inducirend wirkt; np sey anfangs nicht da.



Nun werde np eingeschoben; es sey ein Nichtleiter wie Schellack oder Schwefel, aber von derselben specifischen inductiven Capacität wie Luft. Es wird in der Anordnung der Kräfte keine Veränderung eintreten, denn die Theilchen von np werden genau so polarisirt, wie es

die durch sie verdrängten Lufttheilchen waren. Hierauf denke man sich *np* mit Leitungsvermögen versehen, wie wenn es in ein Metall verwandelt worden wäre. Seine Theilchen werden sich nun gegen einander entladen; die Theile bei *n* und *p* werden negativer und positiver seyn, als sie zuvor waren, weil der Inductions-Abstand zwischen *P* und *N* um den Durchmesser von *np* verkürzt ist; so wird die Induction stärker seyn, und statt dafs die Kraftlinien von *P* nach *N* um *np* herumgehen (wie Ihr Aufsatz mich sagen läfst), werden jetzt, da der Raum *np* ein Leiter ist, *mehr* von ihnen auf denselben kommen und durch ihn gehen als zuvor, da er ein Isolator war (1326. 1337. 1338). Sicher brauche ich hiebei nicht länger zu verweilen, denn ich bin überzeugt, dafs Sie, wenn Sie die Paragraphen 1218 — 1230 oder vielleicht auch *Exp. Res. Vol. II. p.* 279 — 84 nachlesen, sogleich sehen werden, was meine Meinung war und ist. Nach ihr sind die Resultate genau so, wie Sie dieselben im *Phil. Mag. pp.* 406 und 407 beschreiben.

In Ihrem Aufsatz (*Phil. Mag. p.* 410) beschreiben Sie einen Versuch, welchen ich wohl kenne und als einen der stärksten Beweise der Richtigkeit meiner Ansichten betrachte. Eine Schellackplatte wird mit ihrer Vorderseite 12 Zoll von dem positiven Knopf einer Elektrisirmaschine, und mit ihrer Hinterseite 1 Zoll von der Flamme einer Weingeistlampe entfernt aufgestellt, und darauf vor ihr herumgeführt. Nach Fortnahme und Untersuchung finden Sie die Vorderseite negativ geladen, und daraus schliefsen Sie, dafs, vor der Entladung der Hinterfläche durch die Flamme, die Induction die Vorderseite des Schellacks negativ, und die Hinterseite positiv gemacht habe, genau wie es bei einer Metallplatte geschehen seyn würde, und, soweit ich Ihren Aufsatz verstehe, vermöge eines gleichen Leitungsactes durch seine Masse hin. Meine Ansicht von der Induction kommt nun in Bezug auf die Vorder- und Hinterfläche des Schellacks mit der Ihrigen überein; aber in zwei wichtigen Punkten weicht sie von ihr ab. Sie

nimmt an, dafs, wenn vorausgesetzt wird, die Platte bestehe aus einer Unzahl von parallelen Platten und jede dieser aus einer einzelnen Lage von Theilchen, jede Platte ihre vordere negative und ihre hintere positive Fläche habe; und dafs die Positivität der äufseren Hinterfläche nicht aus der Fortpflanzung der Elektricität durch die zwischen ihr und der negativen Vorderfläche liegenden *leitenden* Theilchen entspringt, sondern aus der Fortpflanzung der Kraft durch die Polarität der *isolirenden* Theilchen. So aufgefafst, ergiebt sich aus diesem Fall ein Paar Betrachtungen geeignet zur Prüfung des relativen Werthes der beiden Ansichten, und bisjetzt bestärken sie mich in der meinigen.

Hätte die Schellackplatte ihre Vorderfläche geladen, wie eine metallene oder leitende Platte die ihrige geladen haben würde, so würde jene Fläche, nach Fortnahme der Platte aus der Induction, nicht ausschliefslich geladen geblieben seyn; vielmehr wäre die Schellackplatte, gleich einer leitenden Platte, auf beiden Seiten und ihrer ganzen Oberfläche, geladen gefunden worden; denn dieselbe Leitung, welche während der Induction den Flufs der Elektricität gestattete, würde auch nach der Induction die Rückkehr derselben zu allen Punkten erlauben. Da nicht für den einen Theil des Versuchs Leitung angenommen, und für den anderen abgelehnt werden kann, so halte ich schon diese Betrachtung für tödtlich für Ihre Ansicht, so wie ich sie aus der Uebersetzung verstehe.

Die zweite Betrachtung ist folgende. Wenn die Schellackplatte, während sie in der Inductionslage befindlich ist, nach meiner Ansicht als eine Masse nicht-leitender polarisirter Theilchen betrachtet werden kann, so wird die Wirkung der Weingeistflamme negative Elektricität durch Fortführung (*convection*) zur Hinterfläche der Platte zu schaffen haben, um während der Zeit ihren temporären gezwungenen positiven Inductionszustand zu neutralisiren; und es ist *diese* Fläche, welche (nach der Fortnahme der Platte aus der Induction, und der Rückkehr aus dem nicht länger von *P* unterhaltenen gezwungenen Zustande) als negativ geladen be-

trachtet werden mufs, nicht die Vorderfläche, indem nun die letztere nur durch die noch übrig gebliebene Polarität der Theilchen zwischen ihr und der wirklich geladenen Hinterfläche im relativ negativen Zustand gehalten wird. So können, für sich und aufser dem von der Leitung entnommenen Argument, andere bedingende Betrachtungen erhoben werden. Wenn Ihre Ansicht die richtige ist, so ist es nur die Vorderfläche, welche negativ geladen wird und zwar durch eine halb entladene inductive Action; nach meiner Ansicht ist es die Hinterfläche, welcher dieser Zustand durch *Fortführung* (*convection*) von der Flamme zugeführt wird. Nach Ihrer Ansicht befinden sich die inneren Theile der Platte in ihrem natürlichen Zustande; nach der meinigen sind sie noch polarisirt und werden in diesem Zustande durch die hintere negative Ladung erhalten. Glücklicherweise kann die Frage, ob die Vorder- oder die Hinterfläche negativ geladen worden, beantwortet werden, obwohl nicht durch indifferente Annäherung einer der Seiten der Platte an ein Goldblatt-Elektrometer; denn mit jeder der Seiten werden Anzeigen von negativer Elektricität erhalten; und wenn die erregte Fläche in beiden Fällen gleiche Abstände von der Elektrometerkappe besitzt, wird die Wirkung gröfser seyn (wegen specifischer inductiver Capacität), wenn der Körper der Schellackplatte zwischen der Kappe und der erregten Fläche steht, als wenn blofs Luft dazwischen ist.

Um diese Punkte ein für alle Mal klar zu machen, will ich die gebrauchten Platten beschreiben, und, zum leichten Verständnifs der Lage, eine Figur von den Formen des Experiments geben. Eine Platte war von Schellack, $4\frac{1}{2}$ Zoll im Quadrat und 0,9 Zoll dick, die andere von Schwefel, 5 Zoll im Quadrat und 0,8 Zoll dick. Ein starker Faden weifser Seide war rund um den Rand jeder Platte gebunden und dann eine lange Schleife von derselben Seide an den beiden Ecken einer Seitenkante befestigt; diese Schleife und eine gleiche an den beiden Ecken der gegenüberliegenden Seitenkante dienten als Handhaben, durch welche

die Platten isolirt und doch herumgeführt oder in jede Lage gegen das Elektrometer gebracht werden konnten. In der Figur ist *S* eine dieser Platten, längs der Kante



gesehen; *P* stellt den inducirenden oder ursprünglich geladenen Körper vor und *N* den inducirten Körper (Flamme, Spitze, Hand oder Kugel). Zwischen *P* und *N* findet die Induction statt, welcher, soweit es die Resultate des Versuchs betrifft, die Platte *S* unterworfen ist und deren Effecte zu untersuchen sind. Die Resultate sind bei beiden, der Schwefel- wie der Schellackplatte, genau gleich. War *P* negativ gemacht, so waren sie auch gleich, nur von umgekehrten Zeichen. Ich will die mit dem Schellack erhaltenen beschreiben, und dabei stets die *P* zugewandte Seite die Vorderfläche, und die *N* zugewandte die Hinterfläche der Platte nennen.

Als *P* das Ende des positiven Conductors einer Elektrisirmaschine und *N* eine unisolirte metallene Kugel oder Platte war, wurde die Schellackplatte in ihre Lage gebracht und dreifsig Sekunden oder länger darin gelassen; dann fortgenommen und mittelst eines Goldblatt-Elektrometers geprüft, erwies sie sich auf jeder Fläche oder jedem Theil vollkommen ungeladen. Darauf wurde die Schellackplatte wieder in ihre Stellung in Induction gebracht, und in *N* eine Weingeistflamme in der von Ihnen beschriebenen Weise angewandt. Fortgenommen, wurde die Schellackplatte untersucht, indem man sie ohne Reibung auf die Deckplatte des Elektrometers legte. Der Schellack ertheilte den Goldblättern eine starke negative Ladung, welche Seite auch auf der Kappe liegen mochte; doch waren die Anzeigen bei weitem am stärksten, wenn die Hinterseite die Kappe berührte, zum Beweise, dafs, so weit sie ging, die Ladung wirklich an dieser Seite stattgefunden hatte.

Nach meiner Ansicht von der Induction ist diese Seite der Platte durch die Flamme negativ geladen worden. Denn der Theil der Induction zwischen *S* und der Flamme konnte durch die von der letzteren abhängige Fortführung (*convection*) zerstört werden, wenn zwischen ihr und *P* bloſs Luft vorhanden gewesen wäre. Allein da die Luft in Richtung der Induction begränzt war durch die Hinterfläche des Schellacks, so konnte die Flamme ihren Ladungszustand bloſs bis zu dieser Fläche führen, und das Isolationsvermögen und die Solidität des Schellacks verhinderten fernere Veränderungen in dieser Richtung. Daraus das schon beschriebene Resultat. Da die Flamme das Vermögen besitzt, die Hinterfläche zu laden, so kann sie auch dieselbe entladen, und daher wird, wenn man die Flamme einen Moment parallel jener Fläche und etwa einen Zoll von ihr hin- und herführt, die Platte gänzlich entladen werden. Der frühere negative Ladungszustand der Hinterfläche der Platte wird, wenn man es wünscht, eine Minute oder zwei, und selbst fünf oder zehn Minuten verweilen, und dennoch entladet sie der momentane Gebrauch der Flamme gänzlich. Das Resultat stimmt vollkommen mit meiner Ansicht, scheint mir aber der Ihrigen gänzlich zu widersprechen. Auch kann ich nicht einsehen, wie die Annahme von irgend einem Grade der Leitung in dem Schellack, der mit den anerkannten Thatsachen seines Isolationsvermögens verträglich wäre, das Resultat zu erklären vermöchte.

Allein man könnte sagen, die zweite Anwendung der Flamme habe die negative Hinterfläche statt sie zu entladen, wirklich positiv geladen, im Betrage gleich der vorausgesetzten negativen Ladung der Vorderfläche, und überdecke somit den Effect der letzteren mehr oder weniger je nach der Dicke der Platte. Dann fragt es sich: Ist die Platte gänzlich entladen oder ist sie nun doppelt geladen, d. h. mit der einen Fläche positiv, und mit der anderen negativ? Ich finde sie *gänzlich* entladen, denn wenn ich eine der Oberflächen auf die Deckplatte des Elektrometers bringe und an die andere Fläche sorgfältig eine unisolirte Metallplatte,

finde ich keine Wirkung auf das Elektrometer, wogegen solche Wirkung da seyn würde, wenn die Platte wie eine Leydener Flasche geladen worden wäre.

Oder man könnte annehmen, die zweite Anwendung der Flamme, obwohl auf die Hinterfläche des Schellacks gerichtet, habe auf eine oder die andere Weise die negative Vorderfläche entladen. Dafs diefs nicht der Fall ist, läfst sich leicht zeigen durch Anwendung der Flamme auf die Vorderseite, und dann kommen noch stärkere Beweise als die schon erhaltenen gegen Ihre und für meine Ansicht zum Vorschein; denn, nach meiner Ansicht, müfste eine solche Anbringung der Flamme die Vorderfläche veranlassen eine positive Ladung anzunehmen, in sofern ein zweiter Inductionsfall errichtet ist, in welchem die hintere negativ geladene Fläche des Schellacks der inducirende Körper ist, gegen welche die Flamme wie zuvor den inducirten Theil spielt, und durch ihre wohlbekannten Fortführungskräfte (*powers of convection*) ihren Ladungszustand auf die (früher vordere), jetzt ihr zugewandte Oberfläche des Schellacks überträgt (*transfers*); wogegen sie nach Ihrer Ansicht einfach entladen werden müfste. Die Schellackplatte wurde deshalb vor dem geladenen Körper *P* aufgestellt, und die Flamme vor ihrer Hinterfläche herumgeführt; dann wurde die Platte aus der inductiven Stellung genommen, die Flamme vor ihrer Vorderfläche herumgeführt, und darauf die Platte mittelst des Elektrometers untersucht. Wenn die Vorderfläche auf der Deckplatte des Instrumentes war, zeigte dieses eine positive Ladung; berührte dagegen die Hinterfläche die Kappe, so zeigte das Instrument eine negative Ladung, also dieselbe Art von elektrischer Ladung für diese Fläche als zuvor, aber eine viel schwächere. Die scheinbare Schwäche mufste eintreten, denn nun wurde die negative Ladung der Hinterfläche inductive quer durch den Schellack gegen die positive Ladung der Vorderfläche ausgeübt, und *vice versa*. Und dafs diefs der Fall sey, wurde bewiesen, indem man die Hand oder eine unisolirte Metallplatte gegen die obere Vorderfläche brachte, während die

Hinterfläche mit der Kappe des Elektrometers in Berührung war; denn die negative Divergenz der Goldblättchen vergröfserte sich sehr, da die negative Elektricität in zu grofsem Maafse durch die Induction der positiven Vorderfläche in Freiheit gesetzt wurde. Und wenn die positive Vorderfläche mit der Kappe des Elektrometers in Berührung war, konnte dessen starke Ladung in gleicher Weise nachgewiesen werden. Sonach kann also die Flamme, sorgfältig genähert, nur die Seite, welche eine Ladung erhalten hat, entladen, und das nur, wenn sie dieser Seite genähert wird; bringt man sie der anderen Seite gegenüber, so führt sie ihr die entgegengesetzte Elektricität zu, und hinterläfst die Platte doppelt geladen.

Diese Versuche sind keineswegs schwierig oder zart; sie lassen sich (mit wenigen einfachen Vorsichtsmaafsregeln) auf die überzeugendste und mannigfaltigste Weise anstellen, und geben immer dasselbe Resultat. *P* oder der inducirende Körper ist am besten von grofser Oberfläche. Ein geriebener (*excited*) Glasstab oder, noch besser, eine geriebene Guttapercha-Platte (eine Schuhsohle) ist sehr zweckmäfsig. Man kann damit dem Schellack oder Schwefel *S* bis auf einen Zoll nahe kommen, ohne ihm eine Ladung mitzutheilen, sobald keine entladenden Leiter in der Nähe sind. Statt der Flamme kann man bei *N* eine feine Metallspitze anwenden, kann auch Leiter und Contact in folgender Weise gebrauchen. Ein Goldblatt wurde auf die Deckplatte des Elektrometers gelegt, *P* an seinen Ort gebracht, ebenso die Schellack- oder Schwefelplatte *S*, und die Flamme für einen Moment in *N* aufgestellt. Hierauf wurde die Platte *S* entfernt und mit ihrer negativ geladenen Hinterfläche mit dem Goldblatt auf dem Elektrometer in Berührung gesetzt. Sogleich zeigte das letztere eine starke Divergenz (oft eine stärkere als das Instrument, ungeachtet es sehr grofs war, ertragen konnte); wenn überdiefs ein unisolirter Draht dem Goldblatt oder der Kappe genähert wurde, entlud sich die geladene Hinterfläche mit einem Funken, und Elektrometer und Schellack

blieben vollkommen ungeladen zurück. Es ist nur ein sehr kleiner Schritt, die Hinterfläche zuvor mit Zinnfolie zu belegen, und dann lassen sich alle Versuche beim Contact mit einem unisolirten Körper, statt der Flamme, wiederholen. Ein anderer Schritt führt zur Belegung der Vorderfläche. Die Induction innerhalb des Schellacks, zwischen diesen Belegen und winkelrecht gegen sie, ist genau von gleicher Art, wie wenn diese Belege fehlen. Ist *S* oder der inducirte Körper ein solcher, dafs er der hinteren Belegung nicht in Distanz eine Ladung mittheilen kann, ist er z. B. eine unisolirte metallene Kugel oder Platte, dann ist jede dieser Belegungen während der Zeit im polaren Zustand ähnlich dem durch *np* in der ersten Figur dieses Briefes abgebildeten, d. h. ihre Vorderflächen haben, wenn der inducirende Körper *P* positiv ist, eine negative, und ihre Hinterflächen eine positive Ladung und zwar so lange als die Induction dauert.

Ich glaube, Sie zweifeln an dem Daseyn einer specifischen inductiven Capacität. Sie erhalten die Effecte, welche ich auf dieselbe beziehe, scheinen sie aber zu erklären durch einen Act von Leitung in dem Schellack, ähnlich dem in dazwischen gestellten Metallplatten; in der That durch denselben Act, wie Sie ihn voraussetzen, kommt der angenommene negative Zustand der Vorderfläche der Schellackplatte zu Stande. Nun, wenn einer der Inductionseffecte von solcher Leitung herrührte, müfste diese letztere Eigenschaft bei sehr vielen und mannigfaltigen Formen des Experiments auftreten, besonders wenn *Zeit* in Betracht genommen wird. Ich stellte die Schwefelplatte vor *P* auf, brachte die Flamme vor die Hinterfläche, entfernte die Platte, stellte die Flamme vor die Vorderfläche, und lud so die Platte negativ und positiv auf den beiden Seiten, wie zuvor beschrieben, in weniger als vier Sekunden und zu bedeutendem Grade. Diese so schnell erlangte Ladung behielt der Schwefel anscheinend ungeschwächt mehre Minuten lang, und noch nach Verlauf von mehren Stunden war er stark geladen. Wie könnte nun eine Leitung in-

nerhalb der Masse des Schwefels (von der Natur der in Metallen vorkommenden) das Erscheinen der beiden Elektricitäten an seinen Oberflächen in einem Paar Augenblicken veranlafst haben, und zwar von doppelt so grofsem Betrage, als entwickelt seyn würden, wenn Luft dagewesen wäre, — eine Leitung, die dennoch nicht im Stande war, ihre Wiedervereinigung (*return*) in einer viele hundert Mal längeren Zeit zu bewerkstelligen? Wir haben Grund zu glauben, dafs die Induction beinah instantan geschieht; denn nehmen wir eine auf dem mittleren Theil ihrer beiden Flächen belegte Schwefelplatte und stellen vor ihr in *P* eine grofse metallene Kugel oder Platte auf, so sind drei successive Contacte, einer zur Ladung von *P*, ein augenblicklicher der Belegung auf der Hinterfläche des Schwefels, und einer zur Entladung von *P*, hinreichend um den vollen Inductionszustand quer durch den Schwefel zu erregen und die erfolgende Ladung zu sichern. Mittelst einer Taste können diese Contacte im funfzigsten Theil einer Sekunde (*fiftieth part of a second*) vollzogen werden, durch eine kleine mechanische Vorrichtung sogar viel schneller. Dennoch ist, so weit ich finden kann, die belegte Schwefelfläche in dieser kurzen Zeit vollständig geladen, wie wenn die Induction eine Minute und länger gedauert hätte. Wie können wir nur denken, dafs irgend ein Grad von Leitung im Schwefel, verträglich mit der längeren Isolation, die darauf folgen kann, zu diesem kurzen und vollständigen Act beigetragen haben könne?

Die vorstehenden Resultate scheinen mir von entscheidendem Charakter zu seyn und keine Frage über die Möglichkeit zu gestatten, dafs bei der Induction die Wirkung eingeschobener isolirender Substanzen von gleicher Natur sey wie die eingeschobener leitender Substanzen. Ich würde weiter eingehen in die Darlegung und Erläuterung meiner Ansichten und der Wirklichkeit einer specifischen inductiven Capacität, wenn ich es für nöthig hielte; allein ich würde wenig mehr zu thun haben als das bereits (und schon vor vielen Jahren) in der elften Reihe meiner

Experimental-Untersuchungen Gesagte zu wiederholen und somit stehe ich davon ab.

Der Effect, dessen Sie unten auf p. 404 und oben auf p. 405 des *Phil. Mag.* erwähnen, ist mir ein sehr natürliches Resultat der hohen specifischen inductiven Capacität des Schellacks. An einer Stelle sagen Sie in Bezug auf dasselbe, »*that no reason can be assigned why a small piece of shell-lac etc.*«; allein ich kann nicht beistimmen, das für ein kleines Stück anzunehmen, was in Wahrheit ein kleiner, nicht abgetrennter Theil eines grofsen Stückes ist, so wie ich nicht sagen kann, dasjenige sey ein kleines Metallstück, was nur ein kleiner Theil einer grofsen Platte ist. Eine gröfsere inductive Capacität stört die Kraftlinien und Kraftvertheilung in einer Weise, die einem gewissen Betrage von Leitungsvermögen gleichwerthig ist. Und dennoch lassen sich die beiden Effecte vollkommen unterscheiden durch solche Versuche und Schlufsfolgen, wie ich eben auf die Untersuchung des Zustandes der Schellackplatte angewandt habe.

Sie sehen, verehrter Herr, dafs mir daran liegt, gerechtfertigt vor Ihnen zu stehen; auch würde ich nicht so weit gegangen seyn, wenn ich nicht geglaubt hätte, dafs Sie meine Meinungen sehr mifsverstanden. Sie werden auch einsehen, dafs ich keinen Grund finde, irgend eine meiner Ansichten über statische Induction, wie sie in Reihe XI aufgestellt sind, zu verändern. Ich mufs bekennen, dafs es, da Ihr Aufsatz in Poggendorff's Annalen und im *Philosophical Magazine* erschienen ist, mir nicht lieb seyn würde, den Fall vor der wissenschaftlichen Welt so stehen zu lassen, wie er steht, da man glauben könnte, ich genehmigte die daselbst gemachten Angaben; und wenn es Ihnen nicht unangenehm wäre, würde ich diesen Brief in das *Magazine* geben, es sey denn, Sie zögen eine andere Veröffentlichungsweise vor. Mittlerweile werde ich Ihnen denselben zusenden, und da mehrere Monate seit der Publikation hieselbst verflossen sind, so hoffe ich werden Sie

mir bald Nachricht geben, ob Sie dagegen etwas einzuwenden haben oder nicht.

M. Faraday.

Berlin 10. December 1855.

Indem ich auf den Brief antworte, mit dem Sie mich beehrt haben, mufs ich zuvörderst Ihre gröfste Nachsicht für mein Englisch in Anspruch nehmen. Ich meine nicht die Fehler, die leicht zu verbessern sind, sondern die unpassende Wahl der Worte, die in theoretischen Controversen von Wichtigkeit wird, und die ich zu vermeiden nicht hoffen darf.

Ehe ich an die Erörterung Ihrer Bemerkungen gehe in Betreff meines Aufsatzes über die Influenz, mag es nicht unangemessen seyn, ein Wort zu sagen über die alte Theorie der statischen Elektricität. Es scheint mir, dafs eine Theorie eines Zweiges der experimentellen Wissenschaften für gut erachtet und nicht verlassen werden sollte, so lange sie im Stande ist, alle bekannten Thatsachen aus einem einfachen Principe abzuleiten, sey diefs paradox oder nicht, und so lange sie nicht mit sich selbst oder der Theorie eines verwandten Zweiges in Widerspruch kommt. Die alte Theorie des Lichtes ist verlassen worden, nicht weil ihr Princip von der Aussendung von Myriaden von Lichttheilchen, versehen mit der gröfsten Geschwindigkeit und manchen verwunderlichen Eigenschaften, höchlich paradox war, sondern weil sie unzureichend erfunden wurde, über die grofse Klasse von Erscheinungen der Diffraction und Polarisation Rechenschaft zu geben. Ich sehe nicht das Gleiche in der alten Theorie der Elektricität. In der That nimmt sie eine Wirkung in die Ferne an, und ich stimme Ihnen durchaus bei, dafs eine solche Wirkung äufserst schwer zu begreifen ist; aber geben wir nicht dieselbe zu in der grofsen Theorie der Gravitation, und nehmen Sie nicht dieselbe Wirkung an in einem ungewöhn-

lichen Falle von elektrischer Influenz? [1]) Die Wirkung in die Ferne besteht hier in der Anziehung von Elektricität der einen Art und Abstofsung der andern in jedem Massentheilchen, und ist unbeschränkt, das will sagen, wenn eine elektrische Partikel E auf ein Massentheilchen A wirkt, und wir ein Massentheilchen B irgendwohin setzen, so wird dadurch die Wirkung von E auf A nicht gehindert oder geschwächt, sondern besteht in demselben Betrage wie zuvor. Giebt man diese Voraussetzungen zu, so erklärt die Theorie die Erscheinungen der statischen Elektricität auf die einfachste Weise. Alle diese Erscheinungen sind Beispiele der elektrischen Anordnung auf der Oberfläche von Körpern, und die Anordnung wird abhängig gedacht von dem Gleichgewichte einer Zahl von Kräften, welche die elektrischen Partikel gegenseitig auf einander ausüben. So werden die elektrostatischen Probleme verwandelt in Probleme der reinen Mechanik, und, die Principien dieser Wissenschaft finden ihre Anwendung. Der Vortheil dieser Methode ist sehr grofs; sie stellt den Erfolg jedes Versuches dar als die Summe einzelner Wirkungen, welche das Vorstellungsvermögen ohne Schwierigkeit auffafst, und überläfst der Mathematik die Mühe, die einzelnen Wirkungen zu summiren und den Betrag der Summe anzugeben. Wenn diese Summirung oft zu verwickelt ist, um vollständig ausgeführt zu werden, so halte ich das nicht für einen Fehler der Theorie, zumal da es in vielen Fällen nicht schwer ist, mit Hülfe allgemeiner Betrachtungen das Endresultat vorauszusehen. Deshalb habe ich vor langer Zeit diese Theorie vertheidigt gegen ihre — allerdings nicht sehr gefährlichen — Gegner, und ich konnte nicht umhin, die Vertheidigung fortzusetzen,

1) Es ist daran zu erinnern, dafs im Englischen »Induction« sowohl für die Erregung momentaner elektrischer Ströme, als für die Erregung dauernder elektrischer Zustände gebraucht wird, im Deutschen hingegen von mir das Wort nur für die erste Klasse von Erscheinungen beibehalten, die zweite mit »Influenz« oder Vertheilung bezeichnet worden ist. In dem vorstehenden wie in diesem Schreiben ist ausschliefslich von Influenz die Rede. *R.*

als ein Gegner in dem Manne erstand, den ich als den gröfsten Naturforscher unseres Zeitalters verehre.

Auf Ihre erste Bemerkung erwidere ich, dafs ich, einen Fall von Influenz in Luft behandelnd, Ihre Meinung über diese Influenz angeführt und absichtlich vermieden habe, Ihre Meinung über einen Fall zu erwähnen, der nicht vorkam. Denn hätte ich sie erwähnt, so wäre ich gezwungen gewesen hinzuzufügen, dafs Sie nur eine *beschränkte* Wirkung in die Ferne zugeben [1], und auseinander zu setzen, dafs diese Annahme für den vorliegenden Fall ganz dieselben Folgerungen zuläfst, als wenn Sie jene Wirkung gänzlich leugneten.

In Bezug auf den in der zweiten Bemerkung gemachten Vorwurf, dafs ich Ihre Meinung über die Wirkung leitender Zwischenplatten bei der Influenz falsch dargestellt habe, mufs ich um so mehr bedacht seyn, mich aufser Schuld zu setzen (*disculpate*), als diese Rechtfertigung, wenn ich nicht irre, die eigentliche Wurzel aller Verschiedenheiten berührt, die zwischen Ihrer und der alten Theorie bestehen. Ich habe gesagt, es folge aus Ihren Versuchen, dafs die Einführung einer leitenden Platte zwischen einen influencirenden und einen influencirten Körper die Wirkung des ersten auf den zweiten vermindern würde, weil diese Wirkung, Ihrer Meinung zufolge, jetzt in gekrümmten Linien statt in geraden durch die Luft gehen würde. In diesen Versuchen, die ich angezogen habe, wurde ein geriebener Schellackcylinder und, in Berührung mit ihm, eine abgeleitete Metallscheibe angewendet, und es wird ein *thatsächlicher Beweis* gegeben (*exper. resear.* 1221) »dafs die Influenz des Schellacks nicht durch oder quer durch das Metall wirkt.« Dieser thatsächliche Beweis besteht in der Beobachtung, dafs eine Prüfungskugel durch Influenz keine oder nur eine geringe Ladung erhält, wenn sie an den Mittelpunkt der oberen Fläche der Scheibe angelegt wird, wo die Kugel dem influencirenden Körper am nächsten steht, und eine gerade Linie zwischen beiden nur durch das Metall gezogen werden kann; und ferner in der

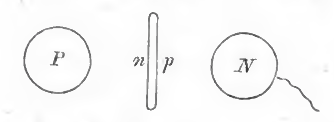
[1] Siehe Anmerkung 1 am Schlufs.

Beobachtung, dafs die Prüfungskugel in der Luft in einiger Höhe über dem Mittelpunkte eine starke Ladung erhält. Hieraus schliefsen Sie: »dafs die Influenz [2] nicht durch das Metall hindurch geschieht, sondern durch die umgebende Luft in krummen Linien.« Ich hielt mich zu der Annahme berechtigt, dafs Sie aus dem gleichen thatsächlichen Beweise den gleichen Schlufs ziehen würden in Versuchen von veränderter Form, und ich glaubte diefs um so mehr, als ich keinen andern Weg sah, die Thatsache aus Ihrer Theorie abzuleiten. Wenn der geriebene Schellackcylinder durch eine elektrisirte Metallkugel ersetzt, und eine hinlänglich breite Metallplatte in einiger Entfernung über der Kugel befestigt wird, so erhält die Prüfungskugel nur eine schwache Ladung von dem Mittelpunkte der oberen (von der elektrischen Kugel abgewandten) Fläche der Platte, und eine zunehmende Ladung, wenn sie darüber erhoben wird. Ist die Platte isolirt, so darf die Prüfungskugel nicht an die Platte angelegt werden, aber man bemerkt die Zunahme der Ladung der Kugel mit ihrer Erhebung über den Mittelpunkt, und die stärkste Ladung in einer bestimmten Höhe. Hieraus schlofs ich, dafs Sie die Wirkung einer metallischen Zwischenplatte zwischen einem influencirenden und einem influencirten Körper ansehen würden als eine *Schirmung* des zweiten vor der Influenz in geraden Linien des ersten [3], und ich wurde in meiner Annahme bestärkt durch §. 1681 [4]. wo Sie sagen: »dafs die elektrische Kraft beschränkt und ausschliefsend ist.«

Sie werden sicher diese Annahme nicht für eine willkürliche erklären, wenn Sie finden, dafs die Anhänger Ihrer Ansichten über die Influenz ganz dieselbe gemacht haben. Melloni glaubte seine Elektroskope vor der Influenz eines Conductors zu schirmen, indem er eine Metallplatte zwischen beide setzte, und De la Rive erzählt in demselben Sinne die Versuche mit Ihrem Differential-Inductometer in seinem *Traité d'électricité Vol. I, p.* 131 (es giebt davon eine englische Ausgabe, die ich nicht gesehen habe).

[2] [3] [4] Anmerkungen 2, 3 und 4 am Schlufs.

Er sagt: ***Si on interpose une lame métallique soit isolée, soit, mieux encore, communiquant avec le sol, entre A*** (die positiv elektrische influencirende Platte) ***et B*** (die influencirte, vorher berührte Platte) ***aussitôt B donne des signes d'électricité negative très forte, qui proviennent de ce que*** *l'induction cessant d'agir sur elle etc. Ainsi, mettre un disque métallique entre A et B, cela revient à remplacer B par un autre disque plus rapproché de A qu'il ne l'était, et par conséquent à le soustraire à l'induction de A.* Von der metallischen Zwischenplatte, sie sey isolirt oder nicht, wird hier gesagt, dafs sie einen Körper der Influenz entzogen habe, sie wird als ein Schirm betrachtet, der die elektrische Influenz auffängt, wie ein opaker Körper das Licht auffängt. Ich bin sehr erfreut, dafs Sie diese Meinung nicht theilen, aber ich mufs gestehen, dafs ich nicht einsehe, wie auf die in Ihrem Briefe dargelegte Weise die Resultate abzuleiten sind, die ich mit leitenden Zwischenplatten erhalten habe. Es mag *P* die ursprünglich elektrisirte Kugel vorstellen, *N* die abgeleitete influencirte Kugel, *np* die (in der Verkürzung gesehene) isolirte Metallscheibe, die so gestellt ist, dafs die Centrallinie der Kugeln normal durch den Mittelpunkt der Scheibe geht.



Ihrer Ansicht zufolge sind die Flächen *n* und *p* stärker negativ und positiv, als da die Scheibe aus atmosphärischer Luft bestand (d. i. die Metallscheibe fehlte), und die auf *N* ausgeübte Influenz sollte kräftiger seyn als vorher. Diefs ist aber in der That nicht immer der Fall; die Influenz auf *N* erscheint gestärkt oder geschwächt, je nachdem die metallische Zwischenplatte schmal oder breit, dick oder dünn ist. Ich bin nicht im Stande, durch Ihr Räsonnement zu finden, welcher Unterschied eintreten mufs, wenn die Scheibe *np* bei gleichem Durchmesser eine Dicke von 0,25 oder von 0,04 eines Zolles besitzt. Es scheint mir, dafs in beiden Fällen der elektrische Zustand der

Flächen *n* und *p* gröfser seyn sollte, als bei der Luftscheibe. Dennoch erscheint mit der dicken Metallscheibe die Influenz auf *N* gröfser, mit der dünnen kleiner als in dem Falle, wo keine Scheibe gegenwärtig ist (p. 408 meines Aufsatzes) [5]. Wenn die dicke Scheibe angewendet wird und daher die Influenz auf *N* verstärkt erscheint, und wir berühren die Scheibe einen Augenblick und isoliren sie wieder, so ist die Influenz auf *N* vermindert. Wollen wir sagen, dafs der gesteigerte Zustand von *p* durch die momentane Berührung aufgehoben worden, so sollte man erwarten, dafs der Zustand vollständig wieder hergestellt werde bei der folgenden Isolirung der Scheibe [6]. Sey dem, wie ihm sey, ich habe nicht bemerkt, dafs Ihre Theorie die Unabhängigkeit der Wirkungen zugiebt, welche ein influencirender und ein influencirter Körper auf einen dritten Körper ausüben, und diefs ist, wie ich glaube, der wesentliche Punkt, in welchem die beiden Theorien gänzlich von einander abweichen [7]. Die alte Theorie giebt in denkbar einfachster Weise Rechenschaft von allen hieher gehörigen Fällen. Sie nimmt an, dafs die drei elektrischen Schichten: auf der Oberfläche der Kugel *P*, auf der Fläche *n* und der Fläche *p* unabhängig von einander influencirend auf die Kugel *N* wirken. Bezeichnen wir mit $f(P)$ die Wirkung der Influenz der Kugel *P* auf die Kugel *N*, mit $-f(n)$ die der Fläche *n* (das Zeichen — deutet an, dafs der Effect dem von *P* erzeugten entgegengesetzt ist), und mit $f(p)$ die Wirkung der Influenz der Fläche *p*, so behauptet die Theorie, dafs in allen Fällen die Gesammtwirkung auf *N* abhängt von dem Betrage der Summe $f(P)-f(n)+f(p)$ und überläfst der Berechnung zu sagen, ob diese Summe gröfser oder kleiner als $f(P)$ ist. In dem einzigen Falle, wenn $f(p)$ verschwindet, das heifst, wenn die metallische Zwischenplatte berührt worden oder nicht isolirt ist, kann ohne Berechnung gesagt werden, dafs die Summe der influencirenden Wirkungen von Kugel und Platte kleiner ist als die Wirkung der Kugel allein.

Nachdem ich durch den Versuch gezeigt hatte, dafs mit

leitenden Zwischenplatten die Influenz sowohl verstärkt als geschwächt, und mit nicht-leitenden sowohl geschwächt als verstärkt werden kann, wagte ich die Meinung, daſs die Wirkung von Platten irgend welcher Beschaffenheit auf einem und demselben Grunde beruhe, nämlich auf der Anordnung der Elektricitäten auf den Oberflächen der Platten. Ich untersuchte obenhin (wenn nöthig, könnte es sehr genau geschehen) die Anordnung der Elektricitäten auf einer Metallscheibe und schloſs, daſs die Elektricitäten in ähnlicher (nicht derselben) Weise auf der Oberfläche einer nicht-leitenden Scheibe angeordnet sind. Ich gebe zu, daſs dieser Schluſs nicht einwurfsfrei ist, aber ich behaupte, daſs er nothwendigerweise zuerst gemacht werden muſste, und daſs er nicht verworfen werden darf, wenn er nicht als falsch aufgezeigt worden ist.

Die einfache Thatsache, daſs ein nicht-leitender Körper von einem elektrisirten angezogen wird, zeigt deutlich, daſs ein nicht-leitender Stoff, ebenso gut wie ein leitender, durch die Influenz augenblicklich mit beiden Elektricitäten versehen wird. Als einen mehr directen Beweis der Influenz auf Isolatoren, ohne wesentliche Verbindung mit dem Gegenstande meiner Abhandlung, habe ich einen Versuch beschrieben, der sich mir darbot und den ich nirgends gefunden hatte. Auf diesen zusätzlichen Versuch bezieht sich Ihre dritte Bemerkung, zu der ich jetzt komme. Eine Schellackscheibe wird schnell von oben nach unten bewegt zwischen einer Flamme und der Kugel des Conductors einer Elektrisirmaschine (nicht *to and fro*; ich habe diesen Uebersetzungsfehler dem Prof. Tyndall 19. Juni brieflich angezeigt). Man findet die Vorderfläche der Scheibe stark negativ elektrisch. Sie stimmen mit mir überein, daſs ohne die Flamme beide Flächen der Scheibe augenblicklich mit negativer und positiver Elektricität versehen worden sind, aber Sie weichen von mir ab hinsichtlich der Erklärung des Versuches, in Betreff, wie Sie sagen, der Art und Weise, in welcher die Scheibe elektrisirt worden ist, und in Betreff der Rolle, welche die Flamme bei dem End-

resultate gespielt hat. Was den ersten Punkt angeht, so mufs ein Mifsverständnifs eingetreten seyn, da ich nirgends meine Ansicht über die Weise geäufsert habe, in welcher leitende und nicht-leitende Körper durch die Influenz erregt werden. Ich fürchte, dafs die Ursache des Mifsverständnisses im Worte »*distribution*« liegt, womit das deutsche Wort »Anordnung« übersetzt worden ist, das die Bedeutung von »*arrangement*« hat. Wenn gesagt ist (*p.* 412) *there is no essential difference between the action of conducting and nonconducting bodies, but inasmuch as the distribution of electricity upon them etc.* und ferner: *in conducting bodies the distribution of electricity etc.* — so ist meine Meinung diese: Man giebt zu, dafs jede Zwischenplatte, sie bestehe aus leitendem oder nicht-leitendem Stoffe, durch die Influenz augenblicklich mit beiden Elektricitäten versehen wird, die sich in gewisser Weise auf beiden Platten anordnen. Bei einer leitenden Platte vermag ich in jedem Falle durch Untersuchung die Anordnung der Elektricitäten anzugeben, und danach die Wirkung dieser Platte auf einen ihr nahe stehenden Körper zu erklären, der von einem elektrisirten Körper influencirt wird. Bei einer nicht-leitenden Platte kann ich zwar die Anordnung der Elektricitäten nicht untersuchen, aber mit einer angenommenen Anordnung kann ich gleichfalls die Wirkung dieser Platte erklären, und mufs deshalb leugnen, dafs zwischen der Wirkung leitender und nicht-leitender Platten bei der Influenz ein wesentlicher Unterschied vorhanden sey [8]. Dafs die Art und Weise, in welcher die Influenz auf einer leitenden und einer nicht-leitenden Platte zu Stande kommt, in jeder Hinsicht dieselbe sey, habe ich weder gesagt, noch gemeint.

Was den Erfolg des Versuches mit der Flamme betrifft, den ich in meinem Aufsatze angegeben habe, so ist er weder unsicher, noch zweideutig. Die Schellackscheibe wurde einmal von oben nach unten bewegt zwischen dem positiv elektrischen Conductor der Maschine und einer Spiritusflamme; ihre Vorderfläche wurde mit gleitender Berüh-

rung [9] an den Knopf eines Goldblattelektroskops angelegt; die Scheibe wurde entfernt und die Elektricität des Instruments untersucht. Ueberall wurde negative Elektricität gefunden, stärkere oder schwächere; die stärkste, wenn der Mittelpunkt der Scheibe den Knopf berührt hatte und sorgfältig darauf gehaucht worden war, wovon der Grund einleuchtend ist [1]). Ich habe der Flamme die wesentliche Rolle zugetheilt, die positive Elektricität der Hinterfläche zu zerstören, Sie haben die Thatsache beobachtet, dafs die Hinterfläche negativ elektrisch ist, und hieraus einige Folgerungen über die Influenzirung der Platte gezogen, die ich nicht zugeben kann. Die Thatsache, dafs die Hinterfläche negativ elektrisch ist, scheint mir eine sehr verwickelte zu seyn, und von einer der beiden folgenden Ursachen herzurühren, vielleicht von beiden. Erstens: Die Flamme wird durch den ursprünglich elektrisirten Körper durch Influenz elektrisirt und theilt ihre negative Elektricität der Hinterfläche mit. Zweitens: Die negativ elektrische Vorderfläche wirkt durch Influenz auf die Hinterfläche. In Bezug auf die erste Annahme habe ich aus Versuchen über die elektrischen Eigenschaften brennender Körper (Pogg. Ann. Bd. 61, S. 545) geschlossen, dafs eine durch Influenz elektrisirte Flamme auf einen ihr nahestehenden Körper mit derjenigen Elektricität wirkt, die der des influencirenden Körpers ungleichnamig ist. Zur zweiten Annahme habe ich einen, wie er mir erscheint, entscheidenden Versuch angestellt und beschrieben im ersten Bande §. 300 meines Buches über Elektricität. Eine Schellackscheibe wurde an einem Handgriffe frei in der Luft ge-

1) Ich hielt es (mit Unrecht, wie die Anmerkung [9] lehrt) für überflüssig zu bemerken, dafs bei den hier beobachteten Divergenzen des Elektroskops die geringe Divergenz nicht in Betracht kommen konnte, welche durch die Reibung des Schellacks gegen den Knopf hervorgebracht wurde. Ueberdiefs fand bei den Versuchen, welche, wie oben bemerkt ist, die stärkste Elektricität lieferten, eine solche Reibung gar nicht statt. Nur der Mittelpunkt der Schellackscheibe kam mit dem Knopfe des Elektroskops in Berührung und wurde (am bequemsten durch ein Glasrohr) leicht angehaucht. *R.*

halten und auf einer Fläche (es sey die obere) mit Pelzwerk gerieben. Obgleich nicht zu zweifeln ist, dafs die obere Fläche negativ elektrisch war, so wurde auch die untere Fläche negativ gefunden. Hatte dagegen die Schellackscheibe während des Reibens auf einer gut abgeleiteten Metallscheibe gelegen, und war danach die negative Elektricität der oberen Fläche zerstört worden durch Anwendung einer Flamme (oder Berührung mit einer Metallplatte, wie sich sogleich zeigen wird), so wurde die untere Fläche positiv elektrisch gefunden. Nach Zerstörung dieser positiven Elektricität war die obere Fläche wieder negativ, und so fortfahrend, konnte abwechselnd die eine Fläche positiv, die andere negativ gemacht werden. Dieser Versuch gab mir ein leichtes Mittel an, einen Elektrophor mit positiv-elektrischem Kuchen zu erhalten. Dazu wurde der Kuchen in seine gut abgeleitete Metallform gelegt, stark mit Pelzwerk gerieben und in der Form umgekehrt, so dafs die nicht geriebene Fläche oben lag. Wurde dieser Kuchen mit seinem Schilde (einer Metallscheibe) bedeckt, so hatte ich einen Elektrophor, der negative Elektricität lieferte, statt dafs der gewöhnliche Elektrophor positive Elektricität liefert.

In Betreff Ihrer vierten und letzten Bemerkung gebe ich durchaus zu, dafs es nicht correct ist, einen kleinen Theil eines grofsen Schellackstückes einem kleinen Schellackstücke gleich zu setzen, was ich p. 405 meines Aufsatzes gethan habe. Aber ich glaube, die Ungenauigkeit unschädlich gemacht zu haben, indem ich dabei auf das Ende meines Aufsatzes hinwies, wo ich erklärt habe, wefshalb eine nicht-leitende Platte bei theilweiser Einführung zwischen einen influencirenden und einen influencirten Körper die Influenz scheinbar schwächt, und sie bei vollständiger Zwischensetzung verstärkt. Ich halte noch immer diese entgegengesetzte Wirkung einer und derselben Platte zusammen mit der Thatsache, dafs die Stellung der Platte zur Seite des influencirenden Körpers die Influenz verstärkt (p. 411 am Ende), für äufserst schwer durch Ihre Theorie der Influenz zu erklären.

Ich habe wenig Hoffnung, Sie zu überreden, Ihre Ansichten über die Wirkung der Isolatoren bei der Influenz zu ändern, und ich gestehe, wenn ich es vermöchte, ich würde es kaum wünschen. Der grofse Physiker arbeitet am besten mit Hülfe seiner eigenen Vorstellungen, seiner selbstverfertigten Werkzeuge, deren Unvollkommenheiten er durch geschickte Anwendung zu vermeiden weifs. Aber diese Werkzeuge, so wirksam in seiner Hand, werden in fremder nicht nur nutzlos, sondern sehr gefährlich, und Sie wissen, welches Unheil zum Beispiel die Vorstellung der elektrischen Schirmung vor Kurzem angerichtet hat in der Hand des seitdem verstorbenen italienischen Physikers. Aus diesem Grunde werden Sie mich nicht tadeln, wenn ich der Veröffentlichung Ihrer Bemerkungen die meiner Entgegnung folgen lassen werde. Gegen Form und Ort, die Sie für diese Veröffentlichung wählen, kann ich keinerley Einwendung machen, und ich weifs, dafs unmittelbar nach dem Erscheinen Ihres Briefes Prof. Poggendorff eine Uebersetzung desselben in seinen Annalen geben wird.

P. Riefs.

Anmerkungen des Hrn. Faraday.

1. Meine Ansicht setzt keine Gränze für die Wirkung, welche nicht mit der des Lichtes parallelisirt wird; wo Materie ist, wird diese mit eingeschlossen in die Wirkung, wo sie nicht ist, wird die Wirkung als ohne sie geschehend betrachtet.

2. An der abgewandten Seite, indem das Metall immer unisolirt ist.

3. Wenn sie unisolirt ist, ja; isolirt, nein; in Rücksicht auf das Endresultat aller (inducirenden und leitenden) Wirkungen des inducirenden Körpers.

4. »(1681). *A striking character of the electric power is that it is limited and exclusive, and that the two forces being always present, are exactly equal in amount. The*

forces are related in one of two ways: either as in the natural normal condition of an uncharged insulated conductor, or as in the charged state, the latter being a case of induction.«

5. Die Induction von *P* geschieht nach meiner Ansicht nicht ausschliefslich auf *N*, sondern auf alle umgebenden Körper, selbst auf die Wände des Zimmers. Wenn die isolirte Metallscheibe *np* an Gröfse (*size*) verändert wird, verändert sich auch die Vertheilung der Induction mit ihr. Eine kleine Scheibe schwächt, wegen Dicke ihrer leitenden Substanz, den elektrischen Widerstand zwischen *P* und *N*, und vergröfsert also die Induction auf die letztere. Eine gröfsere Scheibe von derselben oder gar gröfseren Dicke kann durch eine Rückvertheilung der Kräfte die Induction auf *N* schwächen; es findet nun eine stärkere Induction auf die umgebenden Körper statt, weil ihre Peripherie sich gegen diese mehr ausdehnt.

6. Ich erwarte keine Wiederherstellung des früheren Zustands der Scheibe, und glaube zu wissen, dafs sie *nicht* erfolgt. Eine momentane unisolirte Berührung bringt augenblicklich einen neuen Zustand der Induction und der Scheibe hervor, welcher endlich (*final*) ist und nach Aufhebung des unisolirten Contacts verbleibt. Die einzige Störung dieses Zustandes ist die, welche herrührt von der Gegenwart des unisolirenden Drahts, der, während er da ist, Theil nimmt an der Induction auf ihn selbst, (*on to itself*) — und die, welche die durch Feuchtigkeit und Staub der Luft, sowie durch unvollkommene Isolation veranlafste allmähliche Entladung bewirkt.

7. Meiner Ansicht nach fragt es sich: Ist der Effect der Schellackplatte *np* abhängig oder unabhängig von der inneren Leitung zwischen ihren Theilchen? Ist letzteres der Fall, wovon hängt er ab, aufser von der Polarität der Theilchen, welche ich als die Ursache ansehe? Oder nochmals, wie können Leitung und Isolation, betrachtet als beitragende (*contingent*) Ursachen, als ihr Resultat dieselbe Kraftvertheilung geben?

8. Gesetzt, ein flüssiges isolirendes Medium sey statt der Luft zwischen *P* und *N* vorhanden, und die solide eingeschobene Platte *np* habe gleiches Isolationsvermögen und gleiche inductive Capacität wie das Medium, z. B. Schellack in Camphin oder starrer Schwefel in geschmolzenem Schwefel, — dürfen wir erwarten, daſs die beiden Elektricitäten nur an den Oberflächen der soliden Platte erscheinen, und nicht, wie ich voraussetze, in jedem möglichen Querschnitt entweder des Fluidums oder des Solidums, parallel den Oberflächen der Platte oder vielmehr winkelrecht auf den Inductionslinien, gemacht durch Ebenen, welche, wie man annehmen kann, zwischen den Theilchen hindurchgehen, und die Trennung derselben von einander bezeichnen? Würde nicht die erste Voraussetzung seyn, den isolirenden Solidis eine Kraft zuzuschreiben, welche den isolirenden Fluidis abgesprochen wird, und hieſse es nicht so viel als annehmen, daſs das Solidum bei der Induction einen polaren Zustand erlangen könne, welcher jedoch seinen Theilchen abginge? Da die Phänomene der specifischen inductiven Capacität gegenwärtig angenommen sind, ist es sehr wünschenswerth, daſs »die alte Theorie« angebe, wie sie dieselben in unzweifelhaften Fällen, z. B. beim Schwefel oder Schellack, erkläre, und auch erkläre, wie eine nicht-leitende Platte die entgegengesetzten Elektricitäten an ihren beiden Oberflächen entwickelt und verweilend haben kann ohne Leitung oder ohne das, was ich Polarisation genannt habe.

9. Ich gab die eine Bewegung zwischen dem inducirenden Körper und die Flamme, und erhielt genau dieselben Resultate wie die in meinem Briefe beschriebenen. Es ist, ohne je die Kugel oder Deckplatte des Elektrometers zu berühren, bloſs durch starkes Nähern, ganz leicht zu ermitteln, welche Fläche der Platte *np* geladen sey, und ob positiv oder negativ. Ich halte es für wesentlich nöthig, einen schleifenden Contact zwischen der Schellackplatte und der Metallkugel des Elektrometers zu vermeiden, denn ich finde, daſs, wenn man zwischen der voll-

kommen ungeladenen Platte und dem Instrument einen solchen Contact vollzieht, Elektricität erregt wird, der Schellack positiv und das Metall negativ wird, so daſs nach Fortziehung des Schellacks das Elektrometer mit negativer Elektricität divergirt. Wird ein geladenes Stück trockner Schellack (durch Reibung mit Metall positiv gemacht und stark genug um bei Annäherung an ein Elektrometer die Goldblättchen um einen Zoll und mehr divergiren zu machen) angewandt, so finde ich es unmöglich diese Ladung zu dem trocknen Instrument durch Reibung an ihrer Metallkappe überzuführen; der Schellack wird nur positiver und hinterläſst das Instrument im negativen Zustand; deshalb zweifle ich an der einfachen Mittheilung der negativen Elektricität von schwach geladenem, trocknen, isolirtem Schellack an trocknes Metall durch reibenden Contact; aber ich erwarte in jedem Fall Erregung (*excitement and evolution*) von Elektricität, und daſs das Elektrometer negativ, der Schellack positiv werde.

V. *Ueber die Anwendung der mechanischen Wärmetheorie auf die Dampfmaschine; von R. Clausius.*

---

1. Da die veränderten Ansichten über das Wesen und das Verhalten der Wärme, welche unter dem Namen der »mechanischen Wärmetheorie« zusammengefaſst werden, in der bekannten Thatsache, daſs sich die Wärme zur Hervorbringung von mechanischer Arbeit anwenden läſst, ihre erste Anregung gefunden haben, so durfte man im Voraus erwarten, daſs die so entstandene Theorie auch umgekehrt wieder dazu beitragen müsse, diese Anwendung der Wärme in ein helleres Licht zu stellen. Besonders muſsten die durch sie gewonnenen allgemeineren Gesichtspunkte es möglich machen, ein sichreres Urtheil über die

einzelnen zu dieser Anwendung dienenden Maschinen zu fällen, ob sie schon vollkommen ihren Zweck erfüllen, oder ob und inwiefern sie noch der Vervollkommnung fähig sind.

Zu diesen für alle thermodynamischen Maschinen geltenden Gründen kommen für die wichtigste unter ihnen, die *Dampfmaschine*, noch einige besondere Gründe hinzu, welche dazu auffordern, sie einer erneuerten, von der mechanischen Wärmetheorie geleiteten Untersuchung zu unterwerfen. Es haben sich nämlich gerade für den Dampf im Maximum der Dichte aus dieser Theorie einige wesentliche Abweichungen von den früher als richtig angenommenen oder wenigstens in den Rechnungen angewandten Gesetzen ergeben.

2. Ich glaube in dieser Beziehung zunächst daran erinnern zu dürfen, dafs von Rankine und mir nachgewiesen ist, dafs, wenn in einer für Wärme undurchdringlichen Hülle eine ursprünglich im Maximum der Dichte befindliche Quantität Wasserdampf sich ausdehnt, indem sie einen beweglichen Theil der Hülle, z. B. einen Stempel, unter Anwendung ihrer vollen Expansivkraft zurückschiebt, dabei ein Theil des Dampfes sich niederschlagen mufs, während in den meisten früheren Schriften über die Dampfmaschine, unter andern in dem vortrefflichen Werke von de Pambour[1]) der Watt'sche Satz, dafs der Dampf unter diesen Umständen gerade im Maximum der Dichte bleibe, zu Grunde gelegt ist.

Ferner nahm man früher zur Bestimmung des Volumens einer Gewichtseinheit gesättigten Dampfes bei verschiedenen Temperaturen in Ermangelung genauerer Kenntnisse an, dafs der Dampf selbst im Maximum seiner Dichte noch dem Mariotte'schen und Gay-Lussac'schen Gesetze folge. Dem gegenüber habe ich schon in meiner ersten Abhandlung über diesen Gegenstand [2]) gezeigt, dafs man

1) *Théorie des Machines à Vapeur, par le Comte F. M. G. de Pambour. Paris* 1844.

2) Diese Ann. Bd. LXXIX, S. 368.

aus den Grundsätzen der mechanischen Wärmetheorie unter Zuziehung der Nebenannahme, *dafs ein permanentes Gas, wenn es sich bei constanter Temperatur ausdehnt, nur so viel Wärme verschluckt, wie zu der dabei gethanen äufseren Arbeit verbraucht wird,* die Volumina, welche eine Gewichtseinheit Wasserdampf im Maximum der Dichte bei verschiedenen Temperaturen einnimmt, berechnen kann, und dafs man dabei Werthe findet, welche wenigstens bei höheren Temperaturen von dem Mariotte'schen und Gay-Lussac'schen Gesetze beträchtlich abweichen.

Diese Ansicht über das Verhalten des Dampfes wurde damals selbst von den Autoren, welche sich speciell mit der mechanischen Wärmetheorie beschäftigten, nicht getheilt. Besonders W. Thomson bestritt sie. Er sah noch in einer ein Jahr später, im März 1851, der Edinburger *R. Soc.* vorgelegten Abhandlung [1]) in diesem Resultate nur einen Beweis für die Unwahrscheinlichkeit der von mir zugezögenen Nebenannahme.

In neuerer Zeit aber hat er selbst in Verbindung mit J. P. Joule es unternommen, die Richtigkeit dieser Annahme experimentell zu prüfen [2].) Durch eine Reihe zweckmäfsig ersonnener und im grofsartigen Maafsstabe ausgeführter Versuche haben sie in der That für die von ihnen untersuchten *permanenten* Gase, nämlich atmosphärische Luft und Wasserstoff, die Annahme so nahe richtig gefunden, dafs die Abweichungen in den meisten Rechnungen vernachlässigt werden können. Für das nicht permanente Gas dagegen, welches sie auch untersuchten, die Kohlensäure, fanden sie gröfsere Abweichungen. Dieses stimmt ganz mit der Bemerkung überein, welche ich gleich bei der ersten Erwähnung der Annahme hinzufügte, dafs sie wahrscheinlich für jedes Gas in eben dem Grade genau sey, in welchem das Mariotte'sche und Gay-Lussac'sche Gesetz auf dasselbe Anwendung findet. In Folge die-

1) *Transactions of the R. Soc. of Ed. Vol.* XX, *Part II, p.* 261.

2) *Phil. Transact. of the R. Soc. of London Vol. CXLIII, Part III, p.* 357 und *Vol. CXLIV, Part II, p.* 321.

ser Versuche hat nun auch Thomson das Volumen des gesättigten Dampfes in derselben Weise berechnet, wie ich. Ich glaube daher, dafs die Richtigkeit dieser Berechnungsart auch von den übrigen Physikern allmählich mehr und mehr anerkannt werden wird.

3. Diese beiden Beispiele werden genügen, um zu erkennen, dafs die Grundlagen der früheren Dampfmaschinenlehre durch die mechanische Wärmetheorie so wesentliche Aenderungen erlitten haben, dafs eine erneuerte Untersuchung dieses Gegenstandes nothwendig ist.

In der vorliegenden Abhandlung habe ich nun den Versuch gemacht, die Grundzüge einer mit der mechanischen Wärmetheorie übereinstimmenden Berechnung der Arbeit der Dampfmaschine zu entwickeln, wobei ich mich aber auf die bisjetzt gebräuchlichen Arten von Dampfmaschinen beschränkt habe, ohne auf die neueren, allerdings sehr beachtenswerthen Bestrebungen, den Dampf im überhitzten Zustande anzuwenden, für jetzt einzugehen.

Ich werde bei der Darstellung dieser Untersuchungen nur die zuletzt von mir veröffentlichte Abhandlung »über eine veränderte Form des zweiten Hauptsatzes der mechanischen Wärmetheorie« [1]) als bekannt voraussetzen. Dadurch wird es allerdings nothwendig, einige Resultate, welche nicht mehr neu, sondern schon früher von anderen Autoren oder von mir selbst gefunden sind, in etwas anderer Weise noch einmal abzuleiten; ich glaube aber, dafs diese Wiederholung in der durch sie gewonnenen gröfseren Einheit und Uebersichtlichkeit des Ganzen ihre Rechtfertigung finden wird. Ich werde an den betreffenden Stellen die Arbeiten, in welchen diese Resultate zuerst mitgetheilt wurden, soweit sie mir bekannt sind, anführen.

4. Der Ausdruck, dafs *die Wärme eine Maschine treibt*, ist natürlich nicht auf die Wärme unmittelbar zu beziehen, sondern ist so zu verstehen, dafs irgend ein in der Maschine vorhandener Stoff in Folge der Veränderungen, welche er durch die Wärme erleidet, die Maschinentheile

1) Diese Ann. Bd. XCIII, S. 481.

in Bewegung setzt. Wir wollen diesen Stoff den *die Wirkung der Wärme vermittelnden* Stoff nennen.

Wenn nun eine fortwährend wirkende Maschine in gleichmäfsigem Gange ist, so finden alle dabei vorkommenden Veränderungen periodisch statt, so dafs derselbe Zustand, in welchem sich zu einer gewissen Zeit die Maschine mit allen ihren einzelnen Theilen befindet, in gleichen Intervallen regelmäfsig wiederkehrt. Demnach mufs auch der die Wirkung der Wärme vermittelnde Stoff in solchen regelmäfsig wiederkehrenden Momenten in gleicher Menge in der Maschine vorhanden seyn, und sich in gleichem Zustande befinden. Diese Bedingung kann auf zwei verschiedene Arten erfüllt werden.

Erstens kann ein und dasselbe ursprünglich in der Maschine befindliche Quantum dieses Stoffes immer in ihr bleiben, wobei dann die Zustandsänderungen, welche dieser Stoff während des Ganges erleidet, so stattfinden müssen, dafs er mit dem Ende jeder Periode wieder in seinen Anfangszustand zurückkehrt, und dann denselben Cyclus von Veränderungen von Neuem beginnt.

Zweitens kann die Maschine jedesmal den Stoff, welcher während einer Periode zur Hervorbringung der Wirkung gedient hat, nach aufsen abgeben, und dafür ebensoviel Stoff von derselben Art von aufsen wieder aufnehmen.

5. Dieses letztere Verfahren ist bei den in der Praxis angewandten Maschinen das gewöhnlichere. Es findet z. B. bei den calorischen Luftmaschinen, wie sie bis jetzt construirt sind, Anwendung, indem nach jedem Hube die Luft, welche im Treibcylinder den Stempel bewegt hat, in die Atmosphäre ausgetrieben, und dafür vom Speisecylinder eine gleiche Quantität Luft aus der Atmosphäre geschöpft wird. Ebenso bei den Dampfmaschinen ohne Condensator, bei welchen auch der Dampf aus dem Cylinder in die Atmosphäre tritt, und dafür aus einem Reservoir neues Wasser in den Kessel gepumpt wird.

Ferner findet es wenigstens eine theilweise Anwendung

auch bei den Dampfmaschinen mit Condensator von gewöhnlicher Einrichtung. Bei diesen wird das aus dem Dampfe niedergeschlagene Wasser zwar zum Theil in den Kessel zurückgepumpft, aber nicht alles, weil es mit dem Kühlwasser gemischt ist, und von diesem daher auch ein Theil in den Kessel kommt. Der nicht wieder angewandte Theil des niedergeschlagenen Wassers mufs mit dem übrigen Theile des Kühlwassers zusammen fortgeschafft werden.

Das erstere Verfahren hat in neuerer Zeit in denjenigen Dampfmaschinen Anwendung gefunden, welche durch zwei verschiedene Dämpfe, z. B. Wasser- und Aetherdampf, getrieben werden. In diesen wird der Wasserdampf nur durch die Berührung mit Metallröhren, welche inwendig mit flüssigem Aether gefüllt sind, niedergeschlagen, und dann vollständig wieder in den Kessel zurückgepumpt. Ebenso wird der Aetherdampf in Metallröhren, die nur auswendig von kaltem Wasser umspült sind, niedergeschlagen, und dann in den ersten Raum, der zur Verdampfung des Aethers dient, zurückgepumpt. Es braucht daher, um den gleichmäfsigen Gang zu erhalten, nur so viel Wasser und Aether neu zugeführt zu werden, wie etwa wegen Unvollkommenheit der Construction durch die Fugen entweicht.

6. In einer Maschine dieser Art, in welcher dieselbe Masse immer wieder von Neuem angewandt wird, müssen, wie oben gesagt, die verschiedenen Veränderungen, welche die Masse während einer Periode erleidet, einen in sich geschlossenen Cyclus oder nach der Bezeichnung, welche ich in meiner vorigen Abhandlung gewählt habe, einen *Kreisprocefs* bilden.

Solche Maschinen dagegen, bei denen ein periodisches Aufnehmen und Wiederausscheiden von Massen stattfindet, sind dieser Bedingung nicht nothwendig unterworfen. Dessen ungeachtet können auch sie dieselbe erfüllen, indem sie die Massen in demselben Zustande wieder ausscheiden, in welchem sie sie aufgenommen haben. Dieses ist der Fall bei den Dampfmaschinen mit Condensator, bei denen das Wasser im flüssigen Zustande und mit dersel-

ben Temperatur, mit der es aus dem Condensator in den Kessel getreten war, später aus dem Condensator fortgeschafft wird [1]).

Bei anderen Maschinen ist der Zustand beim Austritte von demjenigen beim Eintritte verschieden. Die calorischen Luftmaschinen z. B., selbst wenn sie mit einem Regenerator versehen sind, treiben die Luft mit höherer Temperatur in die Atmosphäre zurück, als sie vorher hatte, und die Dampfmaschinen ohne Condensator nehmen das Wasser tropfbar flüssig auf, und lassen es dampfförmig wieder ausströmen. In diesen Fällen findet zwar kein vollständiger Kreisprocefs statt, indessen kann man sich immer zu der wirklich vorhandenen Maschine noch eine zweite hinzudenken, welche die Masse aus der ersten Maschine aufnimmt, sie auf irgend eine Weise in den Anfangszustand zurückbringt, und dann erst entweichen läfst. Beide Maschinen zusammen können dann als Eine Maschine betrachtet werden, welche wieder der obigen Bedingung genügt. In manchen Fällen kann diese Vervollständigung geschehen, ohne dafs dadurch eine gröfsere Complication für die Untersuchungen eintritt. So kann man sich z. B. eine Dampfmaschine ohne Condensator, wenn man nur annimmt, dafs sie mit Wasser von 100° gespeist werde, ohne Weiteres durch eine Maschine mit einem Condensator, dessen Temperatur 100° ist, ersetzt denken.

Demnach kann man unter der Voraussetzung, dafs die Maschinen, welche jene Bedingung nicht schon von selbst erfüllen, in dieser Weise für die Betrachtung vervollständigt seyen, auf alle thermodynamischen Maschinen die für die Kreisprocesse geltenden Sätze anwenden, und dadurch gelangt man zu einigen Schlüssen, welche von der besonderen Natur der in den einzelnen Maschinen stattfindenden Vorgänge ganz unabhängig sind.

7. Die beiden Hauptsätze, welche für jeden Kreispro-

1) Das Kühlwasser, welches kalt in den Condensator ein- und warm wieder austritt, ist hierbei nicht berücksichtigt, da es nicht zu dem die Wirkung der Wärme vermittelnden Stoffe gehört, sondern nur als eine negative Wärmequelle dient.

cefs gelten, habe ich in meiner vorigen Abhandlung durch folgende Gleichungen dargestellt:

$$\text{(I)} \quad Q = A \,.\, W$$

$$\text{(II)} \quad \int \frac{dQ}{T} = -N,$$

worin die Buchstaben dieselbe Bedeutung haben wie dort, nämlich:

A ist das Wärmeaequivalent für die Einheit der Arbeit.

W stellt die während des Kreisprocesses gethane äufsere Arbeit dar.

Q bedeutet die dem veränderlichen Körper während des Kreisprocesses mitgetheilte Wärme und dQ ein Element derselben, wobei eine dem Körper entzogene Wärmemenge als mitgetheilte negative Wärmemenge gerechnet wird. Das Integral der zweiten Gleichung erstreckt sich über die ganze Menge Q.

T ist eine Function derjenigen Temperatur, welche der veränderliche Körper in dem Momente hat, in welchem er das Wärmeelement dQ aufnimmt, oder, falls der Körper in seinen verschiedenen Theilen verschiedene Temperaturen haben sollte, der Temperatur des Theiles, welcher dQ aufnimmt. Was die Form der Function T anbetrifft, so habe ich in meiner vorigen Abhandlung gezeigt, dafs sie wahrscheinlich weiter nichts ist, als die Temperatur selbst, wenn diese von dem Punkte an gezählt wird, welcher durch den umgekehrten Werth des Ausdehnungscoëfficienten eines ideellen Gases bestimmt wird, und in der Nähe von -273^{0} C. liegen mufs, so dafs also, wenn die vom Gefrierpunkte an gezählte Temperatur mit t bezeichnet wird,

$$\text{(1)} \quad T = 273 + t$$

zu setzen ist. Ich werde im Folgenden die Gröfse T immer in dieser Bedeutung anwenden, und sie kurz die *absolute Temperatur* nennen, bemerke aber dabei, dafs die Schlüsse ihrem wesentlichen Inhalte nach davon nicht abhängen, sondern auch gültig bleiben, wenn man T als eine noch unbestimmte Function der Temperatur betrachtet.

N endlich bedeutet den Aequivalenzwerth aller in dem

Kreisprocesse vorkommenden uncompensirten Verwandlungen [1]).

8. Hat der Procefs so stattgefunden, dafs er sich in derselben Weise auch umgekehrt ausführen läfst, so ist $N=0$. Kommen dagegen in dem Kreisprocesse eine oder mehrere Zustandsänderungen vor, welche in nicht umkehrbarer Weise geschehen sind, so sind dabei auch nothwendig uncompensirte Verwandlungen eingetreten, und die Gröfse N hat daher einen angebbaren Werth, welcher aber nur positiv seyn kann.

1) Eine Art von uncompensirten Verwandlungen bedarf hierbei noch einer besonderen Bemerkung. Die Wärmequellen, welche dem veränderlichen Körper Wärme mittheilen sollen, müssen höhere Temperaturen haben, als er, und umgekehrt diejenigen, welche ihm negative Wärmemengen mittheilen oder ihm Wärme entziehen sollen, niedrigere Temperaturen. Bei jedem Wärmeaustausch zwischen dem veränderlichen Körper und einer Wärmequelle findet also ein unmittelbarer Uebergang von Wärme aus einem Körper von höherer Temperatur in einen solchen von niederer Temperatur statt, und darin liegt eine uncompensirte Verwandlung, welche um so gröfser ist, je verschiedener die beiden Temperaturen sind. Ob diese uncompensirten Verwandlungen, bei deren Bestimmung nicht blofs die Zustandsänderungen des veränderlichen Körpers, sondern auch die Temperaturen der angewandten Wärmequellen in Betracht kommen, in N mit einbegriffen sind oder nicht, hängt davon ab, welche Bedeutung man der in der Gleichung (II) vorkommenden Temperatur beilegt. Versteht man darunter die Temperatur der zu dem Elemente dQ gehörigen *Wärmequelle*, so sind jene Verwandlungen in N mit einbegriffen. Versteht man aber, wie es oben festgestellt ist, und in dieser ganzen Abhandlung auch beibehalten werden soll, die Temperatur des *veränderlichen Körpers* darunter, so sind jene Verwandlungen von N ausgeschlossen. — Ferner mufs noch eine Bemerkung über das vor N stehende Minuszeichen gemacht werden, welches in meiner vorigen Abhandlung in derselben Gleichung nicht vorkommt. Dieser Unterschied beruht nur darauf, dafs dort der positive und negative Sinn der Wärmemengen anders gewählt ist, als hier. Dort wurde eine von dem veränderlichen Körper aufgenommene Wärmemenge, weil sie für die Wärmequelle verloren ist, als negativ gerechnet, hier dagegen gilt sie als positiv. Dadurch ändern alle in dem Integrale enthaltenen Wärmeelemente, und mit ihnen zugleich auch das ganze Integral ihr Vorzeichen, und es mufste daher, damit die Gleichung dessen ungeachtet richtig bliebe, auch auf der anderen Seite das Vorzeichen umgekehrt werden.

Unter den Vorgängen, auf welche dieses Letztere Anwendung findet, wird im Folgenden besonders einer mehrfach zur Sprache kommen. Wenn ein Quantum Gas oder Dampf sich ausdehnt, und dabei einen seiner ganzen Expansivkraft entsprechenden Druck überwindet, so läſst es sich unter Anwendung derselben Kraft auch wieder zusammendrücken, wobei dann alle Erscheinungen, von denen die Ausdehnung begleitet war, in umgekehrter Weise eintreten. Dieses ist aber nicht mehr der Fall, wenn das Gas (oder der Dampf) bei der Ausdehnung nicht den vollen Widerstand findet, welchen es überwinden könnte, wenn es also z. B. aus einem Gefäſse, in welchem es unter gröſserem Drucke stand, in ein anderes, in welchem ein geringerer Druck herrscht, überströmt. Alsdann ist eine Zusammendrückung unter denselben Umständen, unter welchen die Ausdehnung stattfand, nicht möglich.

Die Gleichung (II) giebt uns ein Mittel, die Summe aller in einem Kreisprocesse vorkommenden uncompensirten Verwandlungen zu bestimmen. Da aber ein Kreisproceſs aus vielen einzelnen Zustandsänderungen einer gegebenen Masse bestehen kann, von denen einige in umkehrbarer Weise, andere in nicht umkehrbarer Weise geschehen sind, so ist es in manchen Fällen von Interesse, zu wissen, wieviel jede einzelne der letzteren zur Entstehung der ganzen Summe von uncompensirten Verwandlungen beigetragen hat. Dazu denke man sich nach der Zustandsänderung, welche man in dieser Weise untersuchen will, die Masse durch irgend ein umkehrbares Verfahren in den vorigen Zustand zurückgeführt. Dadurch erhält man einen kleinen Kreisproceſs, auf welchen sich die Gleichung (II) ebenso gut anwenden läſst, wie auf den ganzen. Kennt man also die Wärmemengen, welche die Masse während desselben aufgenommen hat, und die dazu gehörigen Temperaturen, [illegible]bt das negative Integral $-\int \frac{dQ}{T}$ die in ihm entstan[illegible]ncompensirte Verwandlung. Da nun die Zurück[illegible] welche in umkehrbarer Weise stattgefunden hat,

zur Vermehrung derselben nichts beigetragen haben kann, so stellt jener Ausdruck die gesuchte, durch die gegebene Zustandsänderung veranlaſste uncompensirte Verwandlung dar.

Hat man auf diese Weise alle die Theile des ganzen Kreisprocesses, welche nicht umkehrbar sind, untersucht, und dabei die Werthe N_1, N_2 etc. gefunden, welche alle einzeln positiv seyn müssen, so giebt ihre Summe die auf den ganzen Kreisproceſs bezügliche Gröſse N, ohne daſs man die Theile, von welchen man weiſs, daſs sie umkehrbar sind, mit in die Untersuchung zu ziehen braucht.

9. Wenden wir nun die Gleichungen (I) und (II) auf denjenigen Kreisproceſs an, welcher in der thermodynamischen Maschine während einer Periode stattfindet, so sieht man zunächst, daſs, wenn die ganze Wärmemenge, welche der vermittelnde Stoff während dieser Zeit aufgenommen hat, gegeben ist, dann durch die erste Gleichung unmittelbar auch die Arbeit bestimmt ist, ohne daſs die Natur der Vorgänge selbst, aus denen der Kreisproceſs besteht, bekannt zu seyn braucht.

In ähnlicher Allgemeinheit kann man durch die Verbindung beider Gleichungen die Arbeit auch noch aus anderen Daten bestimmen.

Wir wollen annehmen, es seyen die Wärmemengen, welche der veränderliche Körper nach einander empfängt, sowie die Temperaturen, welche er bei der Aufnahme einer jeden hat, gegeben, und nur Eine Temperatur T_0 sey übrig, bei welcher dem Körper noch eine Wärmemenge mitgetheilt, oder wenn sie negativ ist, entzogen wird, deren Gröſse nicht im Voraus bekannt ist. Die Summe aller bekannten Wärmemengen heiſse Q_1, und die unbekannte Wärmemenge Q_0.

Dann zerlege man das in der Gleichung (II) vorkommende Integral in zwei Theile, von denen der eine sich nur über die bekannte Wärmemenge Q_1 und der andere über die unbekannte Q_0 erstreckt. Im letzten Theile läſst

sich, da in ihm T einen constanten Werth T_0 hat, die Integration sogleich ausführen, und giebt den Ausdruck:

$$\frac{Q_0}{T_0}.$$

Dadurch geht die Gleichung (II) über in:

$$\int_0^{Q_1} \frac{dQ}{T} + \frac{Q_0}{T_0} = -N,$$

woraus folgt:

$$Q_0 = -T_0 . \int_0^{Q_1} \frac{dQ}{T} - T_0 . N.$$

Ferner hat man nach der Gleichung (I), da für unseren Fall $Q = Q_1 + Q_0$ ist:

$$W = \frac{1}{A}(Q_1 + Q_0).$$

Substituirt man in dieser Gleichung für Q_0 den eben gefundenen Werth, so kommt:

$$(2) \quad W = \frac{1}{A}\left(Q_1 - T_0 \int_0^{Q_1} \frac{dQ}{T} - T_0 . N\right).$$

Wird insbesondere angenommen, dafs der ganze Kreisprocefs umkehrbar sey, so ist dem Obigen nach $N=0$, und dadurch geht die vorige Gleichung über in:

$$(3) \quad W = \frac{1}{A}\left(Q_1 - T_0 . \int_0^{Q_1} \frac{dQ}{T}\right).$$

Dieser Ausdruck unterscheidet sich von dem vorigen nur durch das Glied $-\frac{T_0}{A} N$. Da nun N nur positiv seyn kann, so kann dieses Glied nur negativ seyn, und man sieht daraus, was sich auch durch unmittelbare Betrachtung leicht ergiebt, dafs man unter den oben in Bezug auf die Wärmemittheilung festgestellten Bedingungen die gröfstmögliche Arbeit erhält, wenn der ganze Kreisprocefs umkehrbar ist, und dafs durch jeden Umstand, welcher bewirkt, dafs einer der in dem Kreisprocesse stattfindenden Vorgänge nicht umkehrbar ist, die Gröfse der Arbeit abnimmt.

Die Gleichung (2) führt hiernach zu dem gesuchten Werthe der Arbeit auf einem Wege, welcher dem gewöhnlichen gerade entgegengesetzt ist, indem man nicht wie sonst die während der verschiedenen Vorgänge gethanen Arbeitsgröfsen einzeln bestimmt und dann addirt, sondern von dem Maximum der Arbeit ausgeht, und die durch die einzelnen Unvollkommenheiten des Processes entstandenen Arbeitsverluste davon abzieht.

Machen wir in Bezug auf die Mittheilung der Wärme die beschränkende Bedingung, dafs auch die ganze Wärmemenge Q_1 dem Körper bei einer bestimmten Temperatur T_1 mitgetheilt werde, so läfst sich der diese Wärmemenge umfassende Theil des Integrals ebenfalls ohne Weiteres ausführen, und giebt:

$$\frac{Q_1}{T_1},$$

wodurch die für das Maximum der Arbeit geltende Gleichung (3) folgende Form annimmt:

$$(4) \quad W = \frac{Q_1}{A} \cdot \frac{T_1 - T_0}{T_1}.$$

In dieser speciellen Form ist die Gleichung schon früher von W. Thomson und Rankine aus der Verbindung des von mir modificirten Carnot'schen Satzes mit dem Satze von der Aequivalenz von Wärme und Arbeit abgeleitet [1]).

10. Bevor wir von diesen Betrachtungen, welche für alle thermodynamischen Maschinen gelten, zur Behandlung der Dampfmaschine übergehen können, mufs noch erst einiges über das Verhalten der Dämpfe im Maximum der Dichte voraufgeschickt werden.

Die Gleichungen, welche die beiden Hauptsätze der mechanischen Wärmetheorie in ihrer Anwendung auf die Dämpfe im Maximum der Dichte darstellen, habe ich schon in meiner älteren Abhandlung v. J. 1850 »über die bewegende Kraft der Wärme etc.« entwickelt, und zu verschiedenen Folgerungen angewandt. Da ich indessen in meiner

1) S. *Phil. Mag. Juli* 1851.

letzten Abhandlung »über eine veränderte Form des zweiten Hauptsatzes der mechanischen Wärmetheorie« für den ganzen Gegenstand einen etwas anderen Gang der Darstellung eingeschlagen habe, so halte ich es, wie schon erwähnt, der gröſseren Einheit und Uebersichtlichkeit wegen für zweckmäſsiger, nur diese letzte Abhandlung als bekannt vorauszusetzen. Ich werde daher aus den in ihr gewonnenen Resultaten jene Gleichungen hier auf einem anderen Wege noch einmal ableiten.

Es wurde in dieser Abhandlung, um die zuerst aufgestellten allgemeinen Gleichungen auf einen etwas specielleren Fall anzuwenden, angenommen, daſs die einzige auf den veränderlichen Körper wirkende fremde Kraft, welche bei der Bestimmung der äuſseren Arbeit Berücksichtigung verdient, ein äuſserer Druck sey, dessen Stärke an allen Punkten der Oberfläche gleich, und dessen Richtung überall auf dieselbe senkrecht sey, und daſs ferner dieser Druck sich immer nur so langsam ändere, und daher in jedem Augenblicke von der ihm entgegenwirkenden Ausdehnungskraft des Körpers um so wenig verschieden sey, daſs beide in der Rechnung als gleich betrachtet werden können. Bezeichnen wir dann mit p den Druck, mit v das Volumen und mit T die absolute Temperatur des Körpers, welche letztere wir statt der vom Gefrierpunkte an gezählten Temperatur t in die Formeln einführen wollen, weil diese dadurch eine einfachere Gestalt annehmen, so lauten die Gleichungen, welche sich für diesen Fall ergeben haben, folgendermaſsen:

$$\text{(III)} \qquad \frac{d}{dT}\left(\frac{dQ}{dv}\right) - \frac{d}{dv}\left(\frac{dQ}{dT}\right) = A \, . \frac{dp}{dT},$$

$$\text{(IV)} \qquad \frac{dQ}{dv} = A \, . \, T \frac{dp}{dT}.$$

Diese Gleichungen sollen nun auf den noch specielleren Fall der Dämpfe im Maximum der Dichte angewandt werden.

11. Es sey von dem Stoffe, dessen Dampf betrachtet werden soll, die Masse M gegeben, welche sich in einem

ganz geschlossenen, ausdehnsamen Gefäfse befinde, und zwar der Theil m im dampfförmigen und der übrige Theil $M-m$ im tropfbar flüssigen Zustande. Diese gemischte Masse soll nun den veränderlichen Körper bilden, auf welchen die vorigen Gleichungen zu beziehen sind.

Wenn die Temperatur T der Masse und ihr Volumen v, d. h. der Rauminhalt des Gefäfses, gegeben sind, so ist dadurch der Zustand der Masse, soweit er hier in Betracht kommt, vollkommen bestimmt. Da nämlich der Dampf der Voraussetzung nach immer in Berührung mit tropfbarer Flüssigkeit, und daher im Maximum der Dichte bleibt, so hängt sein Zustand, ebenso wie der der Flüssigkeit, nur von der Temperatur T ab. Es kommt also nur noch darauf an, ob auch die Gröfse der beiden in verschiedenen Zuständen befindlichen Theile bestimmt ist. Dazu ist die Bedingung gegeben, dafs diese beiden Theile zusammen gerade den Rauminhalt des Gefäfses ausfüllen müssen. Bezeichnet man also das Volumen einer Gewichtseinheit Dampf im Maximum der Dichte bei der Temperatur T mit s, und das einer Gewichtseinheit Flüssigkeit mit σ, so mufs seyn:

$$\begin{aligned} v &= m \cdot s + (M-m)\sigma \\ &= m(s-\sigma) + M\sigma. \end{aligned}$$

Die Gröfse s kommt im Folgenden immer nur in der Verbindung $s-\sigma$ vor, und wir wollen daher für diese Differenz einen besonderen Buchstaben einführen, indem wir setzen:

$$(5) \qquad u = s - \sigma,$$

wodurch die vorige Gleichung in

$$(6) \qquad v = mu + M\sigma$$

übergeht, und daraus ergiebt sich:

$$(7) \qquad m = \frac{v - M\sigma}{u}.$$

Durch diese Gleichung ist, da u und σ Functionen von T sind, m als Function von T und v bestimmt.

12. Um nun die Gleichungen (III) und (IV) auf unseren Fall anwenden zu können, müssen wir zunächst die Gröfsen $\frac{dQ}{dv}$ und $\frac{dQ}{dT}$ bestimmen.

Nehmen wir erstens an, das Gefäfs dehne sich soviel aus, dafs sein Rauminhalt um dv zunehme, so mufs dabei der Masse, um ihre Temperatur constant zu erhalten, eine Wärmemenge mitgetheilt werden, welche allgemein durch

$$\frac{dQ}{dv}\,dv$$

dargestellt wird. Da nun diese Wärmemenge nur zu der während der Ausdehnung stattfindenden Dampfbildung verbraucht wird, so läfst sie sich, wenn die Verdampfungswärme für die Masseneinheit mit r bezeichnet wird, auch durch

$$r\,\frac{dm}{dv}\,dv$$

darstellen, und man kann also setzen:

$$\frac{dQ}{dv}=r\,\frac{dm}{dv},$$

woraus sich, da nach (7)

$$\frac{dm}{dv}=\frac{1}{u}$$

ist, ergiebt:

$$(8)\qquad \frac{dQ}{dv}=\frac{r}{u}.$$

Nehmen wir zweitens an, die Temperatur der Masse solle, während der Rauminhalt des Gefäfses constant bleibt, um dT erhöht werden, so wird die dazu nöthige Wärmemenge allgemein durch

$$\frac{dQ}{dT}\,dT$$

dargestellt. Diese Wärmemenge besteht aus drei Theilen.

1) Der tropfbar flüssige Theil $M-m$ der ganzen Masse mufs um dT erwärmt werden, wozu, wenn c die specifische Wärme der Flüssigkeit bedeutet, die Wärmemenge

$$(M-m)c\,dT$$

nöthig ist.

2) Der dampfförmige Theil m mufs ebenfalls um dT erwärmt werden, wird dabei aber zugleich so viel zusammengedrückt, dafs er sich für die erhöhte Temperatur $T+dT$

wieder im Maximum der Dichte befindet. Die Wärmemenge, welche einer Masseneinheit Dampf während ihrer Zusammendrückung mitgetheilt werden mufs, damit sie bei jeder Dichte gerade die Temperatur hat, für welche diese Dichte das Maximum ist, wollen wir für eine Temperaturerhöhung um dT allgemein mit $h\,dT$ bezeichnen, worin h eine Gröfse ist, welche vorläufig ihrem Werthe und selbst ihrem Vorzeichen nach unbekannt ist. Danach wird die für unseren Fall nöthige Wärmemenge durch

$$m h\, dT$$

dargestellt.

3) Es geht bei der Erwärmung noch eine kleine Menge des vorher flüssigen Theils in den dampfförmigen Zustand über, welche allgemein durch $\frac{dm}{dT}dT$ dargestellt wird, und die Wärmemenge

$$r\frac{dm}{dT}dT$$

gebraucht. Hierin ist nach Gleichung (7):

$$\begin{aligned}\frac{dm}{dT} &= -\frac{v-M\sigma}{u^2}\cdot\frac{du}{dT}-\frac{M}{u}\cdot\frac{d\sigma}{dT}\\ &= -\frac{m}{u}\cdot\frac{du}{dT}-\frac{M}{u}\cdot\frac{d\sigma}{dT},\end{aligned}$$

wodurch der vorige Ausdruck in

$$-r\left(\frac{m}{u}\cdot\frac{du}{dT}+\frac{M}{u}\cdot\frac{d\sigma}{dT}\right)dT$$

übergeht.

Fafst man diese drei Wärmemengen zusammen, und setzt ihre Summe gleich $\frac{dQ}{dT}dT$, so erhält man:

$$(9)\quad \frac{dQ}{dT}=M\left(c-\frac{r}{u}\cdot\frac{d\sigma}{dT}\right)+m\left(h-c-\frac{r}{u}\cdot\frac{du}{dT}\right).$$

13. Von diesen für $\frac{dQ}{dv}$ und $\frac{dQ}{dT}$ gefundenen Ausdrücken mufs nun noch, wie es in der Gleichung (III) angedeutet ist, der erstere nach T und der letztere nach v differentiirt werden. Bedenkt man dabei, dafs die Gröfse M constant ist, die Gröfsen u, σ, r, c und h sämmtlich nur Functionen

von T sind, und allein die Gröfse m eine Function von T und v ist, so erhält man:

$$(10)\quad \frac{d}{dT}\left(\frac{dQ}{dv}\right) = \frac{1}{u}\cdot\frac{dr}{dT} - \frac{r}{u^2}\cdot\frac{du}{dT}$$

$$\frac{d}{dv}\left(\frac{dQ}{dT}\right) = \left(h - c - \frac{r}{u}\cdot\frac{du}{dT}\right)\frac{dm}{dv},$$

oder wenn man für $\frac{dm}{dv}$ seinen Werth $\frac{1}{u}$ setzt:

$$(11)\quad \frac{d}{dv}\left(\frac{dQ}{dT}\right) = \frac{h-c}{u} - \frac{r}{u^2}\cdot\frac{du}{dT}.$$

Durch Einsetzung der in (10), (11) und (8) gegebenen Ausdrücke in (III) und (IV) ergeben sich die gesuchten Gleichungen, welche die beiden Hauptsätze der mechanischen Wärmetheorie für Dämpfe im Maximum der Dichte darstellen, nämlich:

$$(V)\quad \frac{dr}{dT} + c - h = A.u\frac{dp}{dT}$$

$$(VI)\quad r = A.Tu\frac{dp}{dT}.$$

und aus der Combination beider erhält man noch:

$$(12)\quad \frac{dr}{dT} + c - h = \frac{r}{T}.$$

14. Mit Hülfe dieser Gleichungen wollen wir nun einen Fall behandeln, welcher im Folgenden so oft vorkommen wird, dafs es zweckmäfsig ist, die darauf bezüglichen Resultate im Voraus festzustellen.

Es sey nämlich angenommen, das vorher betrachtete Gefäfs mit der darin befindlichen theils flüssigen theils dampfförmigen Masse ändere sein Volumen, *ohne dafs der Masse Wärme mitgetheilt oder entzogen werde*. Dann wird zugleich mit dem Volumen auch die Temperatur und die Gröfse des im dampfförmigen Zustande befindlichen Theiles der Masse sich ändern, und aufserdem wird, da bei der Volumenänderung der Druck des eingeschlossenen Dampfes wirksam ist, welcher bei der Ausdehnung eine äufsere Kraft überwindet, und bei der Zusammendrückung von einer äufseren Kraft überwunden wird, von der Wärme,

welche den Dampfdruck hervorbringt, eine positive oder negative äufsere Arbeit gethan.

Es sollen nun unter diesen Umständen die Gröfse des dampfförmigen Theiles m, das Volumen v und die Arbeit W als Functionen der Temperatur T bestimmt werden.

15. Wenn das Volumen und die Temperatur um die beliebigen unendlich kleinen Gröfsen dv und dT geändert werden sollen, so wird die Wärmemenge, welche dazu der Masse mitgetheilt werden mufs, dem Vorigen nach durch die Summe

$$r\frac{dm}{dv}dv+\left[(M-m)c+mh+r\frac{dm}{dT}\right]dT$$

ausgedrückt. Diese Summe mufs in Folge der jetzt gestellten Bedingung, dafs der Masse weder Wärme mitgetheilt noch entzogen werden soll, gleich Null gesetzt werden. Dadurch erhalten wir, wenn wir zugleich für

$$\frac{dm}{dv}dv+\frac{dm}{dT}dT$$

einfach dm schreiben, die Gleichung:

$$(13)\quad rdm+m(h-c)dT+McdT=0.$$

Setzen wir hierin nach (12):

$$h-c=\frac{dr}{dT}-\frac{r}{T}$$

und schreiben wieder für $\frac{dr}{dT}dT$, da r nur eine Function von T ist, einfach dr, so kommt:

$$rdm+mdr-\frac{mr}{T}dT+McdT=0$$

oder:

$$(14)\quad d(mr)-\frac{mr}{T}dT+McdT=0.$$

Dividirt man diese Gleichung durch T, und bedenkt, dafs

$$\frac{d(mr)}{T}-\frac{mr}{T^2}dT=d\left(\frac{mr}{T}\right)$$

ist, so erhält man:

$$(15)\quad d\left(\frac{mr}{T}\right)+Mc\frac{dT}{T}=0.$$

Da die specifische Wärme einer Flüssigkeit sich mit der Temperatur nur langsam ändert, so wollen wir die Gröfse c im Folgenden immer als constant betrachten. Dann läfst sich die vorige Gleichung ohne Weiteres integriren, und giebt:

$$\frac{mr}{T} + Mc \log T = \text{Const.}$$

oder, wenn die anfänglichen Werthe von T, r und m mit T_1, r_1 und m_1 bezeichnet werden:

$$\text{(VII)} \quad \frac{mr}{T} = \frac{m_1 r_1}{T_1} - Mc \log \frac{T}{T_1}.$$

Durch diese Gleichung ist, wenn r als Function der Temperatur als bekannt vorausgesetzt werden kann, wie es beim Wasserdampfe nach den Versuchen von Regnault der Fall ist, auch m als Function der Temperatur bestimmt.

Um von dem Verhalten dieser Function eine ungefähre Anschauung zu geben, habe ich einige für einen besonderen Fall berechnete Werthe in der folgenden Tabelle zusammengestellt. Es ist nämlich angenommen, das Gefäfs enthalte zu Anfange kein tropfbar flüssiges Wasser, sondern sey gerade mit Wasserdampf vom Maximum der Dichte angefüllt, so dafs also in der vorigen Gleichnng $m_1 = M$ zu setzen ist, und es finde nun eine Ausdehnung des Gefäfses statt. Wenn das Gefäfs zusammengedrückt werden sollte, so dürfte man die Annahme, dafs zu Anfange kein flüssiges Wasser vorhanden sey, nicht machen, weil dann der Dampf nicht im Maximum der Dichte bleiben, sondern durch die bei der Zusammendrückung erzeugte Wärme überhitzt werden würde. Bei der Ausdehnung dagegen bleibt der Dampf nicht nur im Maximum der Dichte, sondern es schlägt sich sogar ein Theil desselben nieder, und die dadurch entstehende Verminderung von m ist es eben, um welche es sich in der Tabelle handelt. Die anfängliche Temperatur ist zu 150° C. angenommen, und es sind für die Zeitpunkte, wo die Temperatur durch die Ausdehnung auf 125°, 100° etc. gesunken ist,

die entsprechenden Werthe von $\frac{m}{M}$ angegeben. Die vom Gefrierpunkte ab gezählte Temperatur ist, wie schon früher, zum Unterschiede von der durch T dargestellten absoluten Temperatur, mit t bezeichnet:

t	150°	125°	100°	75°	50°	25°
$\frac{m}{M}$	1	0,956	0,911	0,866	0,821	0,776

16. Um die zwischen dem Volumen v und der Temperatur stattfindende Beziehung auszudrücken, hat man zunächst die Gleichung (6), nämlich:

$$v = mu + M\sigma.$$

Die hierin vorkommende Gröfse σ, welche das Volumen einer Gewichtseinheit Flüssigkeit bedeutet, ändert sich mit der Temperatur sehr wenig, und da aufserdem der ganze Werth von σ gegen u sehr klein ist, so können wir die kleinen Aenderungen, welche er erleidet, um so mehr vernachlässigen, und wir wollen daher σ und somit auch das Product $M\sigma$ als constant betrachten. Es kommt also nur noch darauf an, das Product mu zu bestimmen. Dazu braucht man nur in der Gleichung (VII) für r den in (VI) gegebenen Ausdruck zu substituiren, wodurch man erhält:

$$\text{(VIII)} \quad mu\frac{dp}{dT} = m_1 u_1 \left(\frac{dp}{dT}\right)_1 - \frac{Mc}{A}\log\frac{T}{T_1}.$$

Der hierin vorkommende Differentialcoëfficient $\frac{dp}{dT}$ ist als bekannt anzusehen, wenn p selbst als Funktion der Temperatur bekannt ist, und somit ist durch diese Gleichung das Product mu bestimmt, und aus ihm erhält man durch Addition von $M\sigma$ die gesuchte Gröfse v.

In der folgenden Tabelle ist wieder eine Reihe von Werthen des Bruches $\frac{v}{v_1}$ zusammengestellt, welche sich für denselben Fall, auf den sich die vorige Tabelle bezieht, aus dieser Gleichung ergeben. Aufserdem sind zur Ver-

gleichung noch diejenigen Werthe von $\frac{v}{v_1}$ hinzugefügt, welche man erhalten würde, wenn die beiden bisher in der Dampfmaschinentheorie gewöhnlich gemachten Annahmen richtig wären, 1) dafs der Dampf bei der Ausdehnung ohne sich theilweise niederzuschlagen gerade im Maximum der Dichte bleibe, 2) dafs er dem Mariotte'schen und Gay-Lussac'schen Gesetze folge. Nach diesen Annahmen würde

$$\frac{v}{v_1} = \frac{p_1}{p} \cdot \frac{T}{T_1}$$

seyn.

t	150°	125°	100	75°	50°	25°
$\frac{v}{v_1}$	1	1,88	3,90	9,23	25,7	88,7
$\frac{p_1}{p} \cdot \frac{T}{T_1}$	1	1,93	4,16	10,21	29,7	107,1

17. Es bleibt endlich noch die bei der Volumenänderung gethane Arbeit zu bestimmen. Dazu haben wir allgemein die Gleichung:

$$(16) \qquad W = \int_{v_1}^{v} p\,dv.$$

Nun ist nach Gleichung (6), wenn darin σ als constant betrachtet wird:

$$dv = d(mu)$$

also

$$p\,dv = p\,d(mu),$$

wofür man auch schreiben kann:

$$(17) \qquad p\,dv = d(mup) - mu\frac{dp}{dT}\,dT.$$

Hierin könnte man für $mu\frac{dp}{dT}$ den durch die Gleichung (VIII) gegebenen Ausdruck setzen, und dann die Integration ausführen. Indessen erhält man das Resultat gleich in einer etwas bequemeren Form durch folgende Substitution. Nach (VI) ist:

$$mu \frac{dp}{dT} dT = \frac{1}{A} \cdot \frac{mr}{T} dT,$$

und hieraus ergiebt sich unter Anwendung der Gleichung (14):

$$mu \frac{dp}{dT} dT = \frac{1}{A} [d(mr) + McdT].$$

Dadurch geht (17) über in:

$$pdv = d(mup) - \frac{1}{A} [d(mr) + McdT],$$

und durch Integration dieser Gleichung erhält man:

$$\text{(IX)} \quad W = mup - m_1 u_1 p_1 + \frac{1}{A} [m_1 r_1 - mr + Mc(T_1 - T)],$$

woraus sich, da die Gröfsen mr und mu schon durch die vorigen Gleichungen bekannt sind, W berechnen läfst.

Auch diese Rechnung habe ich für den obigen speciellen Fall ausgeführt, wobei sich für $\frac{W}{M}$, d. h. für die von der Masseneinheit bei der Ausdehnung gethane Arbeit, die in der Tabelle angeführten Werthe ergeben haben. Als Masseneinheit ist ein Kilogramm und als Arbeitseinheit ein Kilogramm-Meter gewählt. Für $\frac{1}{A}$ ist der von Joule gefundene Werth 423,55 angewandt [1]).

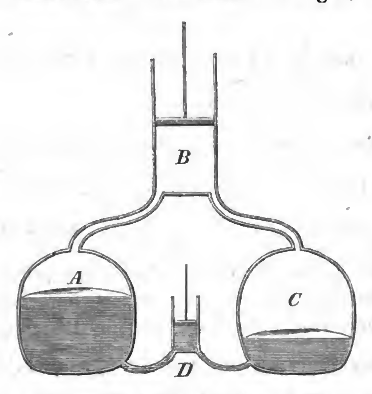
Zur Vergleichung mit den Zahlen der Tabelle will ich noch anführen, dafs man für diejenige Arbeit, welche während der Verdampfung selbst dadurch gethan wird, dafs der sich bildende Dampf den äufseren Gegendruck überwindet, in dem Falle, wo 1 Kilogrm. Wasser bei der Temperatur 150° und unter dem entsprechenden Drucke verdampft, den Werth 18700 erhält.

t	150°	125°	100°	75°	50°	25°
$\frac{W}{M}$	0	11300	23200	35900	49300	63700

1) $\frac{1}{A}$ ist das Arbeitsaequivalent für die Einheit der Wärme, und die obige Zahl bedeutet also, dafs die Wärmemenge, welche 1 Kilogrm. Wasser von 0° auf 1° zu erwärmen vermag, wenn sie in mechanisch Arbeit verwandelt wird, eine Arbeitsgröfse von 423,55 Kgr.-M. giebt.

18. Wir wenden uns nun zur Betrachtung der Dampfmaschine selbst.

In der nebenstehenden schematischen Figur, welche nur



dazu dienen soll, den Ueberblick über die ganze zum Gange einer gewöhnlichen Dampfmaschine gehörige Reihe von Vorgängen zu erleichtern, stelle A den Dampfkessel vor, dessen Inhalt durch die Wärmequelle auf der constanten Temperatur T_1 erhalten wird. Aus diesem tritt ein Theil des Dampfes in den Cylinder B, und treibt den Stempel ein gewisses Stück in die Höhe. Dann wird der Cylinder vom Dampfkessel abgeschlossen, und der in ihm enthaltene Dampf treibt den Stempel durch Expansion noch höher. Darauf wird der Cylinder mit dem Raume C in Verbindung gesetzt, welcher den Condensator vorstellen soll. Von diesem soll angenommen werden, dafs er nicht durch eingespritztes Wasser, sondern durch Abkühlung von aufsen kalt erhalten werde, was, wie schon oben bemerkt, keinen wesentlichen Unterschied in den Resultaten hervorbringt, aber die Betrachtung vereinfacht. Die constante Temperatur des Condensators möge T_0 heifsen. Während der Verbindung des Cylinders mit dem Condensator geht der Stempel den ganzen vorher durchlaufenen Weg wieder zurück, und dadurch wird aller Dampf, welcher nicht gleich von selbst in den Condensator strömte, in diesen

hineingetrieben, und schlägt sich hier nieder. Es kommt nun noch, um den Cyclus von Operationen zu vollenden, darauf an, die durch den Dampfniederschlag entstandene Flüssigkeit in den Kessel zurückzuschaffen. Dazu dient die kleine Pumpe D, deren Gang so regulirt wird, dafs sie beim Aufgange des Stempels gerade so viel Flüssigkeit aus dem Condensator aufsaugt, wie durch den oben erwähnten Dampfniederschlag in ihn hineingekommen ist, und diese Flüssigkeitsmenge wird dann beim Niedergange des Stempels in den Kessel zurückgepresst. Wenn sie sich hier wieder bis zur Temperatur T_1 erwärmt hat, so befindet sich Alles wieder im Anfangszustande, und dieselbe Reihe von Vorgängen kann von Neuem beginnen. Wir haben es also hier mit einem vollständigen Kreisprocesse zu thun.

Bei den gewöhnlichen Dampfmaschinen tritt der Dampf nicht blofs von Einer, sondern abwechselnd von beiden Seiten in den Cylinder. Dadurch entsteht aber nur der Unterschied, dafs während eines Auf- und Niederganges des Stempels statt Eines Kreisprocesses zwei stattfinden, und es genügt auch in diesem Falle, für Einen derselben die Arbeit zu bestimmen, um daraus die während irgend einer Zeit im Ganzen gethane Arbeit ableiten zu können [1]).

19. Zu dieser Bestimmung wollen wir, wie es auch sonst zu geschehen pflegt, den Cylinder als eine für Wärme undurchdringliche Hülle betrachten, indem wir den während eines Hubes stattfindenden Wärmeaustausch zwischen den Cylinderwänden und dem Dampfe vernachlässigen.

Die im Cylinder befindliche Masse kann immer nur aus Dampf *im Maximum der Dichte* mit etwas beigemischter Flüssigkeit bestehen. Es ist nämlich aus dem Vorigen ersichtlich, dafs der Dampf bei der nach dem Abschlusse vom Kessel im Cylinder stattfindenden Ausdehnung, wenn ihm dabei von aufsen keine Wärme zugeführt wird, nicht

1) Der geringe Unterschied, dafs an der einen Seite des Stempels der Raum durch die Stempelstange etwas verengt ist, kann dabei leicht berücksichtigt werden.

in den überhitzten Zustand übergehen kann, sondern sich vielmehr zum Theil niederschlagen mufs, und bei anderen weiter unten zu erwähnenden Vorgängen, welche allerdings eine geringe Ueberhitzung zur Folge haben könnten, wird sie dadurch verhindert, dafs der Dampf beim Einströmen immer etwas tropfbare Flüssigkeit mit in den Cylinder reifst, und mit dieser in Berührung bleibt.

Die Menge dieser dem Dampfe beigemischten Flüssigkeit ist nicht bedeutend, und da sie gröfstentheils in feinen Tröpfchen durch den Dampf verbreitet ist, und daher schnell an den Temperaturänderungen, welche der Dampf während der Ausdehnung erleidet, theilnehmen kann, so wird man keine erhebliche Ungenauigkeit begehen, wenn man in der Rechnung für jeden bestimmten Zeitpunkt die Temperatur der ganzen im Cylinder befindlichen Masse als gleich betrachtet.

Ferner wollen wir, um die Formeln nicht von vorn herein zu complicirt zu machen, zunächst die ganze Arbeit bestimmen, welche von dem Dampfdrucke gethan wird, ohne darauf Rücksicht zu nehmen, wieviel von dieser Arbeit wirklich nutzbar wird, und wieviel dagegen in der Maschine selbst zur Ueberwindung der Reibungen, und zur Bewegung der Pumpen, welche aufser der in der Figur angedeuteten zum Betriebe der Maschine noch nöthig sind, wieder verbraucht wird. Dieser Theil der Arbeit läfst sich auch nachträglich noch bestimmen und in Abzug bringen, wie weiter unten gezeigt werden soll.

In Bezug auf die Reibung des Stempels im Cylinder ist übrigens zu bemerken, dafs die zu ihrer Ueberwindung verbrauchte Arbeit nicht ganz als verloren zu betrachten ist. Durch diese Reibung wird nämlich Wärme erzeugt, und dadurch wird das Innere des Cylinders wärmer erhalten, als es sonst seyn würde, und somit die Kraft des Dampfes vermehrt.

Endlich wollen wir, da es zweckmäfsig ist, zunächst die Wirkungen einer möglichst vollkommenen Maschine kennen zu lernen, bevor der Einflufs der einzelnen in der Wirklichkeit vorkommenden Unvollkommenheiten untersucht wird,

zu dieser vorläufigen Betrachtung noch zwei Voraussetzungen hinzufügen, welche weiterhin wieder aufgegeben werden sollen. Nämlich *erstens*, dafs der Zuleitungskanal vom Dampfkessel zum Cylinder und der Ableitungskanal vom Cylinder zum Condensator oder zur Atmosphäre so weit seyen, oder der Gang der Dampfmaschine so langsam sey, dafs der Druck in dem mit dem Kessel in Verbindung stehenden Theile des Cylinders gleich dem im Kessel selbst, und ebenso der Druck auf der anderen Seite des Stempels gleich dem Drucke im Condensator oder dem atmosphärischen Drucke zu setzen ist, und *zweitens*, dafs kein schädlicher Raum vorhanden sey.

20. Unter diesen Umständen lassen sich die während eines Kreisprocesses gethanen Arbeitsgröfsen mit Hülfe der oben gewonnenen Resultate ohne weitere Rechnung hinschreiben, und geben als Summe einen einfachen Ausdruck.

Die ganze bei einem Aufgange des Stempels aus dem Kessel in den Cylinder tretende Masse heifse M, und davon sey der Theil m_1 dampfförmig und der Theil $M - m_1$ tropfbar flüssig. Der Raum, welchen diese Masse einnimmt, ist, wenn u_1 den zu T_1 gehörigen Werth von u bedeutet:

$$m_1 u_1 + M\sigma.$$

Der Stempel wird also so weit gehoben, dafs dieser Raum unter ihm frei wird, und da dieses unter der Wirkung des zu T_1 gehörigen Druckes p_1 geschieht, so ist die während dieses ersten Vorganges gethane Arbeit, welche W_1 heifse:

$$(18)\qquad W_1 = m_1 u_1 p_1 + M\sigma p_1.$$

Die nun folgende Expansion werde so weit fortgesetzt, bis die Temperatur der im Cylinder eingeschlossenen Masse von dem Werthe T_1 bis zu einem zweiten gegebenen Werthe T_2 herabgesunken ist. Die hierbei gethane Arbeit, welche W_2 heifse, ergiebt sich unmittelbar aus der Gleichung (IX), wenn darin als Endtemperatur T_2 genommen, und auch für die anderen in der Gleichung vorkommenden Gröfsen die entsprechenden Werthe gesetzt werden, nämlich:

$$(19)\quad W_2 = m_2 u_2 p_2 - m_1 u_1 p_1 + \frac{1}{A}[m_1 r_1 - m_2 r_2 + Mc(T_1 - T_2)].$$

Bei der hierauf beginnenden Herabdrückung des Stempels wird die Masse, welche zu Ende der Ausdehnung den Raum

$$m_2 u_2 + M\sigma$$

einnahm, aus dem Cylinder in den Condensator getrieben, wobei der constante Gegendruck p_0 zu überwinden ist. Die dabei von diesem Drucke gethane negative Arbeit ist:

$$(20)\quad W_3 = -m_2 u_2 p_0 - M\sigma p_0.$$

Während nun der Stempel der kleinen Pumpe so weit in die Höhe geht, dafs unter ihm der Raum $M\sigma$ frei wird, wirkt der im Condensator stattfindende Druck p_0 fördernd, und thut die Arbeit:

$$(21)\quad W_4 = M\sigma p_0.$$

Beim Heruntergange dieses Stempels endlich mufs der im Kessel stattfindende Druck p_1 überwunden werden, und thut daher die negative Arbeit:

$$(22)\quad W_5 = -M\sigma p_1.$$

Durch Addition dieser fünf Gröfsen erhält man für die ganze während des Kreisprocesses von dem Dampfdrucke, oder, wie man auch sagen kann, von der Wärme gethane Arbeit, welche W' heifse, den Ausdruck:

$$(\mathrm{X})\quad W' = \frac{1}{A}[m_1 r_1 - m_2 r_2 + Mc(T_1 - T_2)] + m_2 u_2 (p_2 - p_0).$$

Aus dieser Gleichung mufs noch die Gröfse m_2 eliminirt werden. Diese Gröfse kommt, wenn man für u_2 den aus (VI) hervorgehenden Werth

$$\frac{r_2}{A.T_2\left(\frac{dp}{dT}\right)_2}$$

setzt, nur in der Verbindung $m_2 r_2$ vor, und für dieses Product giebt die Gleichung (VII) den Ausdruck:

$$m_2 r_2 = m_1 r_1 \frac{T_2}{T_1} - Mc\, T_2 \log \frac{T_2}{T_1}.$$

Durch Einsetzung dieses Ausdruckes erhält man eine Glei-

chung, in welcher auf der rechten Seite nur noch bekannte Gröfsen vorkommen, denn die Massen m_1 und M und die Temperaturen T_1, T_2 und T_0 werden als unmittelbar gegeben angenommen, und die Gröfsen r, p und $\frac{dp}{dT}$ werden als Functionen der Temperatur als bekannt vorausgesetzt.

21. Wenn man in der Gleichung (X) $T_2 = T_1$ setzt, so erhält man die Arbeit für den Fall, dafs die Maschine ohne Expansion arbeitet, nämlich:

$$(23) \quad W' = m_1 u_1 (p_1 - p_0).$$

Will man dagegen die Annahme machen, dafs die Expansion so weit getrieben werde, bis der Dampf sich durch die Ausdehnung von der Temperatur des Kessels bis zu der des Condensators abgekühlt hat, was freilich vollständig nicht ausführbar ist, aber doch den Gränzfall bildet, dem man sich so weit wie möglich nähern mufs, so braucht man nur $T_2 = T_0$ zu setzen, wodurch man erhält:

$$(24) \quad W' = \frac{1}{A}[m_1 r_1 - m_0 r_0 + Mc(T_1 - T_0)].$$

Wenn man hieraus noch $m_0 r_0$ mittelst der vorher angeführten Gleichung, in welcher auch $T_2 = T_0$ zu setzen ist, eliminirt, so kommt:

$$(\text{XI}) \quad W' = \frac{1}{A}\left[m_1 r_1 \frac{T_1 - T_0}{T_1} + Mc\left(T_1 - T_0 + T_0 \log \frac{T_0}{T_1}\right)\right] \text{[1]}.$$

1) Die vorstehenden Gleichungen, welche die Arbeit unter den beiden am Schlusse des §. 19 angeführten vereinfachenden Voraussetzungen darstellen, hatte ich schon vor längerer Zeit entwickelt, und auch schon im Sommer 1854 in meinen Vorlesungen an der Berliner Universität öffentlich vorgetragen. Als später im Anfange des Jahres 1855 die *Phil. Trans. of the R. Soc. of London for the year* 1854 erschienen, fand ich darin eine Abhandlung von Rankine »*On the Geometrical Representation of the Expansive Action of Heat and the Theory of Thermodynamic Engines*,« und war erstaunt zu sehen, dafs Rankine fast zu derselben Zeit ganz unabhängig und auf einem anderen Wege zu Gleichungen gelangt war, welche nicht nur ihrem wesentlichen Inhalte nach, sondern auch ihrer Form nach fast vollständig mit den meinigen übereinstimmten, nur dafs Rankine den Umstand, dafs dem Dampfe beim Einströmen in den Cylinder eine Quantität topfbarer Flüssigkeit beigemischt ist, nicht berücksichtigt hat. Durch die frühere Veröffentlichung

22. Schreibt man die vorige Gleichung in folgender Gestalt:

$$(25)\quad W'=m_1 r_1 \cdot \frac{T_1-T_0}{A T_1}+Mc(T_1-T_0)\cdot\frac{1}{A}\left(1+\frac{T_0}{T_1-T_0}\log\frac{T_0}{T_1}\right),$$

so stellen die beiden hierin vorkommenden Producte $Mc(T_1-T_0)$ und $m_1 r_1$ zusammen die während eines Kreisprocesses von der Wärmequelle abgegebene Wärmemenge dar. Das erstere ist nämlich die Wärmemenge, welche nöthig ist, um die aus dem Condensator mit der Temperatur T_0 kommende Masse M im flüssigen Zustande bis T_1 zu erwärmen, und das letztere die Wärmemenge, welche dazu verbraucht wird, den Theil m_1 bei der Temperatur T_1 in Dampf zu verwandeln. Da m_1 wenig kleiner ist als M, so ist die letztere Wärmemenge bei Weitem gröfser als die erstere.

Um die beiden Factoren, mit welchen diese beiden Wärmemengen in der Gleichung (25) multiplicirt sind, bequemer mit einander vergleichen zu können, wollen wir den zu $Mc(T_1-T_0)$ gehörigen Factor in eine etwas andere Form bringen. Führen wir nämlich zur Abkürzung den Buchstaben z mit der Bedeutung

$$(26)\quad z=\frac{T_1-T_0}{T_1}$$

ein, so ist:

$$\frac{T_0}{T_1-T_0}=\frac{1-z}{z}$$

$$\frac{T_0}{T_1}=1-z,$$

und wir erhalten daher:

$$1+\frac{T_0}{T_1-T_0}\log\frac{T_0}{T_1}=1+\frac{1-z}{z}\log(1-z)$$

$$=1-\frac{1-z}{z}\left(\frac{z}{1}+\frac{z^2}{2}+\frac{z^3}{3}+\text{etc.}\right)$$

$$=\frac{z}{1.2}+\frac{z^2}{2.3}+\frac{z^3}{3.4}+\text{etc.}$$

dieser Abhandlung war mir freilich für diesen Theil meiner Entwicklungen die Priorität verloren gegangen, indessen war mir diese Uebereinstimmung doch in sofern erfreulich, als sie mir eine Garantie dafür bot, dafs die angewandte Betrachtungsweise wirklich naturgemäfs sey.

Dadurch geht die Gleichung (25) oder (XI) über in:

$$(27)\quad W' = m_1 r_1 \cdot \frac{z}{A} + Mc(T_1 - T_0) \cdot \frac{z}{A}\left(\frac{1}{1.2} + \frac{z}{2.3} + \frac{z^2}{3.4} + \text{etc.}\right)$$

Der Werth der in Klammer geschlossenen unendlichen Reihe, welche den Factor der Wärmemenge $Mc(T_1 - T_0)$ von dem der Wärmemenge $m_1 r_1$ unterscheidet, variirt, wie man sich leicht überzeugt, während z von 0 bis 1 wächst, zwischen $\frac{1}{2}$ und 1.

23. Für diesen zuletzt betrachteten Fall, wo der Dampf sich durch Expansion bis zur Temperatur des Condensators abkühlt, kann man den Ausdruck für die Arbeit auch sehr leicht auf einem anderen Wege erhalten, ohne die verschiedenen Vorgänge, aus welchen der Kreisprocess besteht, einzeln zu verfolgen.

In diesem Falle ist nämlich der Kreisprocess in allen seinen Theilen umkehrbar. Man kann sich denken, dass im Condensator bei der Temperatur T_0 die Verdampfung stattfinde, und die Masse M, wovon der Theil m_0 dampfförmig und der Theil $M - m_0$ tropfbar flüssig sey, in den Cylinder trete, und den Stempel in die Höhe treibe, dass dann beim Niedergange des Stempels der Dampf zuerst soweit comprimirt werde, bis seine Temperatur auf T_1 gestiegen sey, und darauf in den Kessel gepresst werde, und dass endlich mittelst der kleinen Pumpe die Masse M wieder als tropfbare Flüssigkeit aus dem Kessel in den Condensator geschafft werde, und sich bis zur Anfangstemperatur T_0 abkühle. Hierbei durchläuft der Stoff dieselben Zustände, wie früher, nur in umgekehrter Reihenfolge. Die Wärmemittheilungen oder -entziehungen finden in entgegengesetztem Sinne, aber in derselben Grösse und bei denselben Temperaturen der Masse statt, und alle Arbeitsgrössen haben entgegengesetzte Vorzeichen, aber dieselben numerischen Werthe.

Daraus folgt, dass in diesem Falle in dem Kreisprocesse keine uncompensirte Verwandlung vorkommt. Man hat daher in der Gleichung (2) $N = 0$ zu setzen, und bekommt dadurch die schon unter (3) angeführte Gleichung, in wel-

cher nur der Uebereinstimmung wegen W' statt W zu schreiben ist:

$$W' = \frac{1}{A}\left(Q_1 - T_0 \int_0^{Q_1} \frac{dQ}{T}\right).$$

Hierin bedeutet Q_1 für unseren Fall die der Masse M im Dampfkessel mitgetheilte Wärme, und es ist daher:

$$Q_1 = m_1 r_1 + Mc(T_1 - T_0).$$

Bei der Bestimmung des Integrales $\int_0^{Q_1} \frac{dQ}{T}$ müssen die beiden einzelnen in Q_1 enhaltenen Wärmemengen $Mc(T_1 - T_0)$ und $m_1 r_1$ besonders betrachtet werden. Um für die erstere die Integration auszuführen, schreibe man das Wärmeelement dQ in der Form $McdT$, dann lautet dieser Theil des Integrales

$$Mc \int_{T_0}^{T_1} \frac{dT}{T} = Mc \log \frac{T_1}{T_0}.$$

Während der Mittheilung der letzteren Wärmemenge ist die Temperatur constant gleich T_1, und der auf diese Wärmemenge bezügliche Theil des Integrales ist daher einfach:

$$\frac{m_1 r_1}{T_1}.$$

Durch Einsetzung dieser Werthe geht der vorige Ausdruck von W' in den folgenden über:

$$W' = \frac{1}{A}\left[m_1 r_1 + Mc(T_1 - T_0) - T_0\left(\frac{m_1 r_1}{T_1} + Mc \log \frac{T_1}{T_0}\right)\right]$$

$$= \frac{1}{A}\left[m_1 r_1 \frac{T_1 - T_0}{T_1} + Mc\left(T_1 - T_0 + T_0 \log \frac{T_0}{T_1}\right)\right]$$

und dieses ist derselbe in Gleichung (XI) enthaltene Ausdruck, welchen wir vorher durch die successive Bestimmung der einzelnen während des Kreisprocesses gethanen Arbeitsgröfsen gefunden haben.

24. Es folgt hieraus, dafs, *wenn die Temperaturen, bei welchen der die Wirkung der Wärme vermittelnde Stoff die von der Wärmequelle gelieferte Wärme aufnimmt, oder*

Wärme nach aufsen abgiebt, als im Voraus gegeben betrachtet werden, dann die Dampfmaschine unter den bei der Ableitung der Gleichung (XI) gemachten Voraussetzungen, eine *vollkommene* Maschine ist, indem sie für eine bestimmte ihr mitgetheilte Wärmemenge eine so grofse Arbeit liefert, wie nach der mechanischen Wärmetheorie bei denselben Temperaturen überhaupt möglich ist.

Anders verhält es sich aber, *wenn man auch jene Temperaturen nicht als im Voraus gegeben, sondern als ein veränderliches Element betrachtet, welches bei der Beurtheilung der Maschine mit berücksichtigt werden mufs.*

Dadurch, dafs die Flüssigkeit während ihrer Erwärmung und Verdampfung viel niedrigere Temperaturen als das Feuer hat, und also die Wärme, welche ihr mitgetheilt wird, dabei von einer höheren zu niederen Temperaturen übergehen mufs, liegt eine in N nicht mit einbegriffene uncompensirte Verwandlung, welche in Bezug auf die Nutzbarmachung der Wärme einen grofsen Verlust zur Folge hat. Die Arbeit, welche bei der Dampfmaschine aus der Wärmemenge $m_1 r_1 + Mc(T_1 - T_0) = Q_1$ gewonnen werden kann, ist, wie man aus Gleichung (27) ersieht, etwas kleiner als

$$\frac{Q_1}{A} \cdot \frac{T_1 - T_0}{T_1}.$$

Könnte man dagegen dieselbe Wärmemenge Q_1 einem veränderlichen Körper bei der Temperatur des Feuers, welche T' heifsen möge, mittheilen, während die Temperatur der Wärmeentziehung, wie vorher, T_0 wäre, so würde die in diesem Falle möglicherweise zu gewinnende Arbeit nach Gleichung (4) durch

$$\frac{Q_1}{A} \cdot \frac{T' - T_0}{T'}$$

dargestellt werden.

Um die Werthe dieser Ausdrücke in einigen Beispielen vergleichen zu können, sey die Temperatur t_0 des Condensators zu 50° C. festgesetzt, und für den Kessel seyen die Temperaturen 110°, 150° und 180° C. angenommen,

von denen die beiden ersten ungefähr der Niederdruckmaschine und der gewöhnlichen Hochdruckmaschine entsprechen, und die letzte etwa als die Gränze der bisjetzt in der Praxis bei den Dampfmaschinen angewandten Temperaturen zu betrachten ist. Für diese Fälle hat der von den Temperaturen abhängige Bruch folgende Werthe:

t_1	110°	150°	180°
$\frac{T_1 - T_0}{T_1}$	0,157	0,236	0,287

Wogegen der entsprechende Werth für die Temperatur t' des Feuers, wenn wir diese nur zu 1000° C. annehmen, 0,746 ist.

25. Es ist somit leicht zu erkennen, was schon S. Carnot, und nach ihm viele andere Autoren ausgesprochen haben, dafs man, um die durch Wärme getriebenen Maschinen vortheilhafter einzurichten, hauptsächlich darauf bedacht seyn mufs, das Temperaturintervall $T_1 - T_0$ zu erweitern.

So ist z. B. von den calorischen Luftmaschinen nur dann zu erwarten, dafs sie einen wesentlichen Vortheil vor den Dampfmaschinen erlangen, wenn es gelingt, sie bei bedeutend höheren Temperaturen arbeiten zu lassen, als die Dampfmaschinen, bei welchen die Gefahr der Explosion die Anwendung zu hoher Temperaturen verbietet. Derselbe Vortheil läfst sich aber auch mit überhitztem Dampfe erreichen, denn sobald der Dampf von der Flüssigkeit getrennt ist, kann man ihn ebenso gefahrlos noch weiter erhitzen, wie ein permanentes Gas. Maschinen, welche den Dampf in diesem Zustande anwenden, können manche Vortheile der Dampfmaschinen mit denen der Luftmaschinen vereinigen, und es ist daher von ihnen wohl eher ein practischer Erfolg zu erwarten, als von den Luftmaschinen.

Bei den oben erwähnten Maschinen, in welchen aufser dem Wasser noch eine zweite flüchtigere Substanz ange-

wandt wird, ist das Intervall $T_1 - T_0$ dadurch erweitert, dafs T_0 erniedrigt ist. Man hat auch schon daran gedacht, auf dieselbe Weise das Intervall auch nach der oberen Seite hin zu erweitern, indem man noch eine dritte Flüssigkeit hinzufügte, welche weniger flüchtig wäre, als das Wasser. Dann würde also das Feuer unmittelbar die am wenigsten flüchtige der drei Substanzen verdampfen, diese durch ihren Niederschlag die zweite, und diese die dritte. Dem Principe nach ist nicht daran zu zweifeln, dafs diese Verbindung vortheilhaft seyn würde; wie grofs aber die practischen Schwierigkeiten seyn werden, welche sich der Ausführung entgegen stellen, läfst sich natürlich im Voraus nicht übersehen.

26. Aufser der eben besprochenen Unvollkommenheit der gewöhnlichen Dampfmaschinen, welche in ihrem Wesen selbst begründet ist, leiden diese Maschinen noch an mehreren anderen Unvollkommenheiten, welche mehr der practischen Ausführung zuzuschreiben sind.

Eine davon ist schon in den obigen Entwicklungen berücksichtigt, und in der Gleichung (X) mit einbegriffen, nämlich die, dafs man die Expansion lange nicht so weit treiben kann, bis der Dampf im Cylinder die Temperatur des Condensators erreicht hat. Nimmt man z. B. die Temperatur des Kessels zu 150° und die des Condensators zu 50° an, so ergiebt sich aus der Tabelle des §. 16, dafs zu jenem Zwecke die Expansion bis zum 26fachen des ursprünglichen Volumens fortschreiten müfste, während man sie in der Wirklichkeit wegen mancher bei grofser Expansion eintretender Uebelstände gewöhnlich nur bis zum 3 oder 4fachen, und höchstens bis zum 10fachen Volumen geschehen läfst.

Zwei andere Unvollkommenheiten dagegen sind im Vorigen ausdrücklich ausgeschlossen, nämlich erstens die, *dafs der Druck des Dampfes im einen Theile des Cylinders geringer als im Kessel, und im anderen Theile gröfser als im Condensator ist*, und zweitens *das Vorhandenseyn des schädlichen Raumes*.

Wir müssen daher die früheren Betrachtungen jetzt in der Weise erweitern, dafs auch diese Unvollkommenheiten mit berücksichtigt werden.

(Schlufs im nächsten Heft.)

VI. *Ueber das Kupferwismutherz von Wittichen; von R. Schneider.*

Vor längerer Zeit habe ich [1]) die Analyse des Kupferwismutherzes von Wittichen mitgetheilt und habe für die Zusammensetzung desselben die Formel $(3Cu_2S, BiS_3) + xBi$ aufgestellt. Gleichzeitig ist von Weltzien [2]) eine unter seiner Leitung (von Schenk) ausgeführte Analyse desselben Erzes veröffentlicht und daraus die Formel $2Cu_2S, BiS_3$ hergeleitet worden. Nachdem ich [3]) damals darauf aufmerksam gemacht hatte, dafs zwischen den durch die letztere Formel geforderten Zahlen und den von Schenk erhaltenen analytischen Daten der nöthige Grad von Uebereinstimmung vermifst werde, ist in neuerer Zeit das Kupferwismutherz abermals unter Weltzien's Leitung (von Tobler) [4]) der Analyse unterworfen und jetzt, unter Zurücknahme der früheren, die Formel $2Cu_2S, BiS_2$ dafür aufgestellt worden. Ich kann mich mit dieser neuen Formel noch weniger als mit der früheren einverstanden erklären, wie genau auch den bei der Analyse erhaltenen Werthen durch dieselbe entsprochen zu seyn scheint.

Schon bei einer früheren Gelegenheit habe ich erwähnt, dafs für das natürliche Vorkommen eines Zweifach-Schwefelwismuths (BiS^2) bisher vollgültige Beweise keine beigebracht worden sind. Die Annahme dieser Substanz im

1) Diese Annalen Bd. 93, S. 305.
2) Annalen der Chemie und Pharm. Bd. 91, S. 232.
3) Diese Annalen Bd. 93, S. 472.
4) Annalen der Chemie und Pharm. Bd. 96, S. 207.

Tellurwismuth gründet sich lediglich auf eine Vermuthung Naumann's; aber eine Vermuthung, selbst wenn sie von einer namhaften Autorität ausgesprochen wird, hat immer noch keine beweisende Kraft. — Die Angabe von Tobler, die der Formel BiS^2 zur Rechtfertigung dienen zu sollen scheint, dafs nämlich auch Berzelius in dem Kupferwismuth von Wittichen Einfach-Schwefelwismuth (d. h. BiS_2 in der jetzigen Schreibweise) angenommen habe, ist nicht richtig. Bekanntlich galt in dem Zeitraume von 1832 bis 1842 für das Aequivalent des Wismuths die Zahl 887 und es wurde die Formel des Wismuthoxydes $\dot{Bi}$, folglich die des Wismuthglanzes $\acute{Bi}$ geschrieben. Was also Berzelius im Jahre 1837 (bei Herausgabe der dritten Auflage des Löthrohrbuches) durch die Formel $\acute{Cu}\acute{Bi}$ ausdrückte, heifst in die spätere, richtige Zeichensprache übersetzt $3\acute{Cu} + Bi'''$; er hat demnach im Kupferwismuth von Wittichen in der That das gewöhnliche, d. h. Dreifach-Schwefelwismuth angenommen.

Auch auf künstlichem Wege ist die Verbindung BiS_2 bis jetzt nicht hervorgebracht worden, wenigstens ist darüber Nichts zu allgemeiner Kenntnifs gelangt. (S. die folgende Abhandlung in diesem Hefte.) Dafs die von Werther als Zweifach-Schwefelwismuth beschriebene Substanz nicht solches, sondern ein mechanisches Gemenge von Dreifach-Schwefelwismuth mit Wismuth ist, habe ich [1]) schon vor längerer Zeit nachgewiesen und Werther [2]) selbst hat diefs bestätigt. Tobler scheint hiervon nicht Kenntnifs genommen zu haben, wenigstens ist an verschiedenen Stellen seiner Abhandlung das Werther'sche Zweifach-Schwefelwismuth als eine Verbindung von unbezweifelter Existenz erwähnt, ja es ist sogar der Versuch gemacht worden, dasselbe nach der Vorschrift von Werther darzustellen. Aus der Unbekanntschaft mit jener Arbeit erklärt es sich denn auch, dafs Tobler über das Verhalten

1) Diese Annalen, Bd. 91, S. 404.
2) Journal f. pract. Chemie, Bd. 62, S. 89.

des Wismuthglanzes gegen Salzsäure »keine Angaben hat finden können:« — ich habe mich zur Trennung des Dreifach-Schwefelwismuths vom metallischen Wismuth der Zersetzbarkeit des ersteren durch kochende Salzsäure wiederholt bedient.

Es kann demnach die Annahme von Zweifach-Schwefelwismuth im Kupferwismutherz durch bereits bekannte Thatsachen nicht gestützt werden. Aber auch unter anderen Gesichtspunkten erscheint dieselbe nicht gerechtfertigt.

Wäre im fraglichen Mineral wirklich Zweifach-Schwefelwismuth enthalten, so müfste bei der Zersetzung desselben durch Salzsäure unter Luftabschlufs entweder Wismuthchlorür gebildet werden ($BiS_2 + 2HCl = BiCl_2 + 2HS$), oder es müfste, was nach meinen Beobachtungen über das Wismuthchlorür [1]) und über das auf nassem Wege dargestellte Zweifach-Schwefelwismuth (s. w. unten) wahrscheinlicher ist, während Wismuthchlorid in Lösung tritt, eine Ausscheidung von metallischem Wismuth stattfinden. Weder das Eine noch das Andere ist von Tobler beobachtet worden; dennoch ist er bei der Annahme von BiS_2 stehen geblieben.

Was zur Stütze dieser Formel angeführt werden kann, reducirt sich, wie mir scheint, allein auf das bei der Analyse gefundene Verhältnifs von Kupfer, Wismuth und Schwefel, worin die Menge des letzteren, unter der Voraussetzung von Halb-Schwefelkupfer im Erz, bei Weitem nicht hinreicht, um mit dem Wismuth Dreifach-Schwefelwismuth, ziemlich genau dagegen, um damit Zweifach-Schwefelwismuth zu bilden. Es ist mir, wie aus meiner früheren Arbeit hervorgeht, dieses Verhältnifs nicht entgangen; dafs ich trotzdem nicht bei der Formel $2Cu_2S, BiS_2$ stehen geblieben bin, erklärt sich daraus, dafs bei meinen Analysen eine mechanische Beimengung von metallischem Wismuth in Erz beobachtet wurde, womit die eben angeführte Formel schlechterdings unverträglich war.

Ob diese Beimengung von metallischem Wismuth dem

1) Diese Annalen Bd. 96, S. 130.

Kupferwismutherz als etwas Constantes angehört, das ist die Frage, um die sich hier schliefslich Alles dreht. Tobler hat bei seiner neuerlichen Untersuchung eine solche Beimengung nicht beobachtet. Da indefs aus den gemachten Mittheilungen nicht zu ersehen ist, ob der Kohlensäurestrom, in dem die Zersetzung des Erzes ausgeführt wurde, mit aller nöthigen Sorgfalt von atmosphärischer Luft befreit worden war, so ist immer noch der Vermuthung Raum gegeben, dafs durch eine geringe Menge in den Apparat gelangten Sauerstoffs der negative Erfolg bedingt worden sey. Es verdient auf die hieraus möglicherweise entsprungene Fehlerquelle um so mehr aufmerksam gemacht zu werden, als für jedes Milligramm Sauerstoff, was in den Apparat dringt und sich oxydirend auf die Kupferchlorürlösung wirft, $8\frac{2}{3}$ Milligramme Wismuth (also eine verhältnifsmäfsig sehr bedeutende Menge) oxydirt, resp. in Auflösung geführt werden.

Dafs die abweichenden Resultate der von Weltzien veröffentlichten Arbeiten und der meinigen aus einer wesentlichen Verschiedenheit des benutzten Materials zu erklären seyn sollten, ist mir nicht mehr wahrscheinlich; die in sämmtlichen Analysen gefundene, nahezu gleiche procentische Zusammensetzung deutet darauf hin, dafs wir denselben, oder wenigstens einen sehr ähnlichen Körper, unter Händen gehabt haben. — Ich habe es deshalb auch für nutzlos gehalten, die Analyse von Neuem aufzunehmen; davon aber habe ich mich an den mir vorliegenden Erzstücken wiederholt überzeugt, dafs bei der Zersetzung derselben durch Salzsäure unter völligem Luftabschlufs ein Rückstand bleibt, der unter der Lupe als aus kleinen weifslichen, lebhaft matallglänzenden Körnern bestehend erkannt werden kann.

Es scheint mir nach dem Allen vorläufig kein triftiger Grund vorhanden zu seyn, mit der von mir für das Kupferwismutherz aufgestellten Formel eine Aenderung vorzunehmen.

VII. *Ueber die Darstellung des Zweifach-Schwefelwismuths auf nassem Wege; von R. Schneider.*

Die Darstellung des Zweifach-Schwefelwismuths auf nassem Wege hat mich vielfach beschäftigt, ohne dafs ich bis jetzt im Stande gewesen wäre, die Arbeiten über diesen Gegenstand zu einem befriedigenden Abschlusse zu führen. Da ich auch voraussichtlich für längere Zeit behindert seyn werde, dieselben wieder aufzunehmen, so theile ich hier in der Kürze die wenigen Resultate mit, die mir vorliegen; vielleicht dafs dieselben auch in ihrer jetzigen Unvollständigkeit bei späteren Arbeiten mit Vortheil benutzt werden können.

Aus früheren Mittheilungen von mir ist bekannt, dafs wenn man die stark verdünnten Lösungen von weinsteinsaurem Wismuthoxyd-Kali und weinsteinsaurem Zinnoxydul-Kali (nach einfachen Aequivalenten) zusammenmischt, intensiv braune Lösungen entstehen, in denen durch Zusatz verschiedener Salze oder auch stark verdünnter Schwefelsäure Niederschläge hervorgebracht werden, die als wesentliche Bestandtheile Wismuthoxydul, Zinnsäure und Weinsteinsäure enthalten. Wäscht man den auf diese Weise durch verdünnte Schwefelsäure erzeugten Niederschlag in verschlossenen Gefäfsen (durch Decantiren) aus, vertheilt ihn dann in luftfreiem Wasser und leitet einen Strom von (luftfreiem) Schwefelwasserstoffgas (im geringen Ueberschufs) hindurch, so wird derselbe, indem er sich etwas dunkler färbt, so verändert, dafs seine Zusammensetzung durch die Formel BiS_2, SnS_2 ausgedrückt werden kann. Die Weinsteinsäure scheidet dabei vollständig aus und befindet sich in Lösung über dem Niederschlage. Dieser kann, ohne eine Veränderung zu erfahren, bei freiem Luftzutritt filtrirt, ausgewaschen und getrocknet werden. Dabei schrumpft derselbe zu harten, spröden Stückchen zusammen, die beim Zerreiben ein dun-

kelbraunes Pulver geben. — In 100 Theilen dieses Pulvers (unter Kohlensäure scharf getrocknet) wurden gefunden:

			oder auf 100 Theile verrechnet:
61,88 Proc.	Wismuth	. .	63,06 Proc.
17,40 »	Zinn	. . .	17,73 »
18,85 »	Schwefel	. .	19,21 »
98,13			100,00
1,78 »	Verlust.		

Die Formel $Bi S_2$, $Sn S_2$ verlangt 63,00 Proc. Wismuth, 17,61 Proc. Zinn und 19,39 Proc. Schwefel.

Es stellt also diese Substanz die dem früher beschriebenen basisch-zinnsauren Wismuthoxydul entsprechende Schwefelverbindung dar, worin das Zweifach-Schwefelwismuth dem Zinnsulfid gegenüber als schwache Sulfobase zu fungiren scheint.

Es ist sehr schwierig, dieser Verbindung behufs der Abscheidung des Zweifach-Schwefelwismuths, etwa durch Digestion mit Kali oder Schwefelkalium, das Schwefelzinn vollständig zu entziehen. Besser gelingt die Darstellung des Zweifach-Schwefelwismuths auf folgende Weise:

8 Grm. (1 Aequiv.) weinsteinsaures Wismuthoxyd werden in der nöthigen Menge Aetzkali aufgelöst und die Lösung in einem verschliefsbaren Gefäfse mit luftfreiem Wasser bis zu etwa 1500 C. C. aufgefüllt. Dazu wird unter Umschütteln eine kalische Lösung von 2 Grm. (1 Aequiv.) krystallisirten Zinnchlorürs gefügt und durch die, in Folge der Bildung von Wismuthoxydul dunkelbraune Flüssigkeit bis zur Entfärbung luftfreies Schwefelwasserstoffgas geleitet. Es fällt hierbei nur Schwefelwismuth nieder, während das Zinn in der kalihaltigen Flüssigkeit gelöst bleibt. Der entstandene schwarze Niederschlag wird durch Decantiren zuerst mit heifsem kalihaltigen, dann mit reinem Wasser gewaschen, filtrirt und im Wasserbade getrocknet. Er stellt in diesem Zustande, wie es scheint, das Hydrat des Zweifach-Schwefelwismuths dar.

1,554 Grm. desselben gaben bei der Analyse
1,382 Grm. BiO_3 = 1,239 Grm. = 79,73 Proc. Wismuth u.
1,380 Grm. BaO, SO_3 = 0,1904 Grm. = 12,25 Proc. Schwefel
91,98.

Der Formel $BiS_2 + 2HO$ würden 80,62 Proc. Wismuth, 12,40 Proc. Schwefel und 6,98 Proc. Wasser entsprechen.

Verrechnet man die bei der Analyse für Wismuth und Schwefel gefundenen Werthe auf 100 Theile, so giebt dies

85,59 Proc. Wismuth und
14,41 » Schwefel,

während die Formel BiS_2 folgende Zahlen verlangt:

Bi = 2600	. . .	86,67 Proc.	Wismuth
2 S = 400	. . .	13,33 »	Schwefel
3200		100,00.	

Das Zweifach-Schwefelwismuth stellt nach dem Trocknen ein schwarzes glanzloses Pulver dar, das indefs durch Drücken oder Reiben mit glatten Gegenständen zu fast metallglänzenden Blättchen vereinigt werden kann. Von erwärmter Chlorwasserstoffsäure wird es in der Weise zersetzt, dafs unter Schwefelwasserstoff-Entwickelung Wismuthchlorid in Lösung tritt und metallisches Wismuth als graue schwammige Masse sich abscheidet. Bei lange fortgesetztem Kochen unter Luftzutritt verschwindet auch dieses allmählich. — Bei völligem Luftabschlufs (unter Kohlensäure) erhitzt, verträgt das Zweifach-Schwefelwismuth, ohne Schwefel auszugeben, eine höhere Temperatur als der Wismuthglanz, wie Gegenversuche mit diesem gezeigt haben. Es scheint jedoch bei der Temperatur, bei der es schmilzt, nicht als solches fortbestehen zu können, sondern in Dreifach-Schwefelwismuth und Wismuth zerlegt zu werden, denn es hinterläfst, wenn es nach dem Schmelzen mit Salzsäure behandelt wird, metallisches Wismuth in glänzenden Krystallfragmenten.

VIII. *Vorläufige Mittheilung über das Aequivalent des Antimons; von R. Schneider.*

Das Aequivalent des Antimons wurde bisher, nach der Bestimmung von Berzelius, zu 1613 (oder 129 für H=1) angenommen. Durch eine Reihe sorgfältiger Versuche, mit deren Vermehrung ich eben noch beschäftigt bin, habe ich mich überzeugt, daſs jene Zahl viel zu hoch angenommen ist und um mindestens 100 Ganze herabgesetzt werden muſs.

Aus Gründen, die ich später ausführlicher erörtern werde, habe ich mich bei diesen Versuchen einer natürlichen Antimonverbindung bedient, nämlich eines durch ungewöhnliche Reinheit ausgezeichneten Antimonglanzes. Derselbe enthielt nichts Fremdartiges, auſser als Gangart etwas Quarz, der zwar auf mechanischem Wege nicht vollständig beseitigt werden konnte, dessen Menge sich indeſs in jedem einzelnen Versuche mit Genauigkeit bestimmen lieſs.

Die Reduction dieses Antimonglanzes im Strome von reinem Wasserstoffgas ist als Basis für die Aequivalentbestimmung benutzt worden. Es kann diese Reduction mit Sicherheit und fast vollständig ausgeführt werden bei einer Temperatur, bei der kaum eine bemerkbare Spur Schwefelantimon sich verflüchtigt, vorausgesetzt allerdings, daſs der Wasserstoffstrom nicht übermäſsig beschleunigt wird. Es ist bei meinen bisherigen Versuchen auf die Reduction von je einem Gramm Schwefelantimon etwa eine Stunde verwendet worden. — Unter Berücksichtigung einer äuſserst geringen Menge Schwefelantimons (in den verschiedenen Versuchen 0,0005 — 0,00125 Grm.), welches mit dem Schwefelwasserstoffgase in die angebrachten Vorlagen entwichen war, nnd einer gleichfalls nicht bedeutenden Menge Schwefel (0,001 — 0,007 Grm.) die von dem reducirten Antimon mit Hartnäckigkeit zurückgehalten wurde,

ergab sich aus der bei der Reduction beobachteten Gewichtsabnahme die Zusammensetzung des Schwefelantimons. Dieselbe wurde in sechs Versuchen, die mir bisjetzt vorliegen und in denen das Schwefelantimon in Quantitäten von 3 bis 10 Grammen angewandt wurde, gefunden zu

71,427 — 71,519 Proc. Antimon und
28,573 — 28,481 » Schwefel,

im Mittel aus allen sechs Versuchen zu 71,469 Proc. Antimon und 28,531 Proc. Schwefel. Es berechnet sich hieraus das Aequivalent des Antimons sehr nahe zu 1503 (oder zu 120,25 für $H = 1$).

Ich bin, wie gesagt, damit beschäftigt, die vorliegende Versuchsreihe zu verlängern, glaube indefs kaum, dafs noch eine erhebliche Abweichung von den bisherigen Resultaten sich herausstellen wird. In einem der nächsten Hefte dieser Annalen werde ich ausführlicher auf den Gegenstand zurückkommen.

Berlin, im Januar 1856.

IX. *Ueber das Silicium; von F. Wöhler.*

(Mitgetheilt vom Hrn. Verf. aus d. Nachrichten von der Universität u. der K. Gesellsch. der Wissensch. zu Göttingen. Februar 1856.)

Das Silicium gehört unstreitig zu den merkwürdigsten Elementen unseres Planeten, weil es eins der Hauptmaterialien ist, welche zum Bau desselben gedient haben; es ist daher wohl der Mühe werth, seine Eigenschaften möglichst vollständig kennen zu lernen. Es wurde bekanntlich 1824 zuerst von Berzelius in isolirter Form dargestellt durch Einwirkung von Kalium auf Fluorkieselgas oder Fluorkieselkalium. Ich hatte das Glück, zur Zeit dieser lehrreichen Untersuchung sein Schüler zu seyn und ihm durch Darstellung des dazu erforderlichen Kaliums dabei Hülfe zu leisten. Es ist mir darum ein befriedigender

Gedanke, dafs es mir jetzt, nach Verlauf von 31 Jahren, noch vergönnt ist, an jene, unter meinen Augen entstandene, Arbeit des unvergefslichen väterlichen Freundes einige Beobachtungen anknüpfen zu können, durch welche der von ihm entdeckte Körper ein neues Interesse gewinnt.

Mit der ihm eignen Schärfe und Genauigkeit erforschte und beschrieb bekanntlich Berzelius alle die eigenthümlichen Eigenschaften, durch welche das Silicium charakterisirt ist. Er erhielt es aber nur in amorpher Form, in Gestalt eines braunen, glanzlosen Pulvers. Er selbst äufserte wiederholt, wie interessant es seyn müsse, diesen Körper im dichten und krystallinischen Zustand kennen zu lernen. Diese Entdeckung war aber erst in neuster Zeit Hrn. Sainte-Claire Deville vorbehalten, der bei seinen schönen Arbeiten über das Aluminium zuweilen ein dunkel graues, brüchiges, krystallinisches Metall bekam, welches bei der Auflösung in Salzsäure krystallinische, metallglänzende Blättchen ungelöst zurückliefs. Diese Substanz erkannte Deville als reines, krystallinisches Silicium in einem dem Graphit ganz analogen Zustande [1]).

Der Zufall hat mich darauf geführt einen Weg zu finden, auf dem das Silicium in dieser schönen Form willkührlich erhalten werden kann. Bei Versuchen, das Aluminium nach der von H. Rose [2]) erdachten Methode, durch Reduction von Kryolith mit Natrium, darzustellen, nahm ich zu dieser Operation statt der eisernen, gewöhnliche, hessische Thon-Tiegel. In den Fällen, wo sie glückte, bekam ich, aufser geschmeidigen Kugeln von reinem Aluminium, öfters spröde Kugeln, die mit einer schwarzen,

1) *Annales de Chimie et de Phys. S. III. T.* 43, *p.* 31.

2) Bei dieser Darstellungsweise des Aluminiums scheint es Vortheile zu gewähren, wenn man den Kryolith, als feines Pulver, zuvor mit $\frac{1}{4}$ oder $\frac{1}{3}$ seines Gewichts gut ausgetrockneten Salmiakpulvers in einem Platintiegel erhitzt, wodurch unter Verflüchtigung von Fluorammonium, vor dessen Dämpfen man sich hüten mufs, $\frac{1}{3}$ des Fluornatriums in Chlornatrium verwandelt und eine Masse erhalten wird, die noch leichter schmelzbar ist, als der Kryolith. Chloraluminium wird hierbei nicht gebildet.

krystallisirten Substanz durchwachsen waren. Bei der Auflösung des Metalls in Salzsäure blieb sie in Gestalt dunkel eisenschwarzer, metallglänzender Krystallblätter zurück. Es war diefs das Silicium von Deville.

Beim Nachdenken über die Art, wie es unter diesen Umständen reducirt seyn konnte, schien es klar, dafs sich in Berührung mit der Masse des Tiegels Fluorkieselnatrium gebildet habe und dafs aus diesem durch das Aluminium das Silicium reducirt und krystallisirt erhalten worden sey. Diese Vermuthung hat sich durch zahlreiche, in dieser Hinsicht angestellte Versuche vollkommen bestätigt.

Um das Silicium in dieser Form zu erhalten, schmilzt man in einem hessischen Tiegel, ungefähr bei Silberschmelzhitze, Aluminium mit ungefähr dem 20 bis 30fachen Gewichte wohl getrockneten Fluorkieselnatriums oder Fluorkieselkaliums zusammen, indem man die Masse ungefähr ¼ Stunde lang im Flufs erhält. Nach dem Erkalten findet man beim Zerschlagen des Tiegels in einer dichten weifsen, zuweilen graulichen Schlacke einen wohlgeflossenen, dunkel eisenschwarzen Regulus. Dieser besteht aus einer Verbindung von Aluminium und Silicium, die eine grofse Menge von graphitförmigem, krystallinischem Silicium eingeschlossen hält. Diese Massen sind ganz spröde und haben einen grofsblättrigen Bruch mit dunkel eisenschwarzem Metallglanz. Man zerdrückt sie, ohne sie aber zu pulverisiren, und übergiefst sie, zur Ausziehung des Aluminiums, mit concentrirter Salzsäure, womit man sie so lange erwärmt, bis sie kein Wasserstoffgas mehr entwickeln. Man schüttet die Masse dann in ein Platingefäfs, giefst die Flüssigkeit ab und erhitzt sie nun noch mit mäfsig starker Flufssäure zur Entfernung der Kieselsäure, die sich bei der Auflösung der bestimmten Verbindung zwischen Aluminium und Silicium gebildet zu haben scheint. Man wäscht dann die krystallinische Masse im Gefäfse selbst mit Wasser aus [illegible] trocknet sie.

[illegible]i verschiedenen Versuchen wurden, je nach der Dauer [illegible]melzens, von 100 Th. Aluminium 70 bis 80 Th.

siliciumhaltiges Aluminium erhalten, und diese verschiedenen Reguli enthielten 65 bis 75 Proc. ihres Gewichts an krystallinischem Silicium. Man kann sich also jetzt vermittelst des Aluminiums, das in Frankreich bereits fabrikmäfsig gewonnen wird, das Silicium in dieser merkwürdigen Form leicht und in beliebiger Menge verschaffen. Das Aluminium scheint hier in ähnlicher Weise den krystallinischen Zustand des Siliciums zu bedingen, wie das schmelzende Roheisen die Bildung des Graphits aus der amorphen Kohle bedingt.

Das Silicium in diesem Zustande bildet gröfsere und kleinere, vollkommen undurchsichtige, metallglänzende Krystallblätter, sehr ähnlich dem natürlichen und dem Hohofen-Graphit. Indessen neben diesen gehalten, sieht man, dafs sein Glanz metallischer ist und dafs seine Farbe einen Schein ins Bleigraue hat. Fein gerieben, bildet es ein dunkelbraunes Pulver. — Die genaue Bestimmung seiner Krystallform überlasse ich Kundigeren; ich will nur bemerken, dafs Nichts leichter seyn wird, als dasselbe in wohl ausgebildeten und grofsen Krystallen zu erhalten, sobald man bei seiner Darstellung in einigermafsen gröfserem Maafsstabe verfahren wird. Ist bei seiner Darstellung Aluminium im Ueberschufs vorhanden oder war die Dauer des Schmelzens nur kurz, so erhält man eine an Silicium ärmere Kugel; aber das Silicium bildet dann einzelne Krystallindividuen, welche man zum Theil als grofse sechsseitige Tafeln an der Oberfläche ausgeschieden findet. Die Kanten dieser Krystalle sind häufig, wie beim Diamant, gekrümmt

Das Silicium ist sehr hart, härter als Glas, welches stark davon geritzt und mit dem Pulver matt gerieben wird. Dagegen greift es den Topas nicht an.

Sein specifisches Gewicht habe ich bei 10° C. = 2,490 gefunden [1]). Es zeigt sich also auch hier der merkwürdige Umstand, dafs der Grundstoff leichter ist, als seine Sauer-

1) Hr. Harmening, der mir bei diesen Versuchen sehr behülflich war, fand es = 2,493.

stoffverbindung; denn das spec. Gewicht des Bergkrystalls und anderer Quarzarten wird zu 2,6 bis 2,8 angegeben.

Nach Deville's Beobachtung ist es ein vollkommener Leiter der Elektricität.

Derselbe hat bereits gefunden, dafs das krystallinische Silicium bis zur Weifsglühhitze in einem Strom von Sauerstoffgas erhitzt werden kann, ohne zu verbrennen und ohne sein Gewicht zu ändern. Ich habe diese grofse Beständigkeit, die auch Berzelius schon von dem geglühten pulverförmigen Silicium angiebt, vollkommen bestätigt gefunden. Es konnte mit der Sauerstoffgas-Weingeistflamme bis zum heftigsten Weifsglühen erhitzt werden, ohne zu verbrennen und im Mindesten seinen Glanz zu verlieren. Auch scheint es so wenig, wie die Kohle, schmelzbar zu seyn. Dagegen zeigt es, wie es bereits von Berzelius bei dem amorphen Silicium beobachtet wurde, die auffallende Eigenschaft, mit kohlensaurem Alkali bis zum Glühen erhitzt, unter Feuererscheinung die Kohlensäure zu zersetzen und daraus schwarze Kohle und Kohlenoxydgas abzuscheiden, indem es selbst sich in Kieselsäure verwandelt. Gleich dem geglühten amorphen Silicium wird es von keiner Säure angegriffen. Dagegen wird es von einer mäfsig starken, erwärmten Kali- oder Natronlauge unter Wasserstoffgas-Entwicklung vollständig, wiewohl nur langsam, aufgelöst. Aus der Auflösung kann dann durch Salmiak Kieselsäure gefällt werden.

Wird das krystallinische Silicium, in einer Glaskugel über der Spirituslampe, in einem Strom von getrocknetem, luftfreiem Chlorgas bis zum gelinden Glühen erhitzt, so fängt es an zu glimmen und verbrennt vollständig, ohne den geringsten Rückstand, zu liquidem Chlorsilicium, welches mit Wasser eine durchsichtige Gallert von Kieselsäure bildet. Nimmt man aber hierzu Silicium, welches nicht zuvor mit Flufssäure behandelt worden ist, so verglimmt es zwar ebenfalls, hinterläfst aber mehr oder weniger weifse Kieselsäure.

X. *Ueber Messungen der permanenten Ausdehnung, die das Gufseisen durch Erhitzen erleidet, und die dabei gebrauchten Mittel zur Bestimmung hoher Temperaturen;*
von A. Erman und P. Herter.

Schon in dem Jahre 1829 ist von Prinsep in dem *Edinburgh Journ. of Science* die merkwürdige Eigenschaft des Gufseisens beschrieben, sein Volumen durch Erhitzen, bis über die Rothgluth hinaus, bleibend zu vergröfsern. Im Laufe der Zeit haben zufällige Beobachtungen die Thatsache vielfach bestätigt, ohne dafs jedoch bisjetzt eine genaue Untersuchung dieses ebenso interessanten als für die Technik wichtigen Verhaltens stattgefunden hätte. Die Resultate unserer Versuche, als erster Schritt zu einer solchen, möchten daher nicht ohne Interesse seyn.

Um die Linear-Ausdehnung direct zu bestimmen, wurden aus gewöhnlichem grauen Roheisen zwei Cylinder von etwa 32‴ Länge und 4‴ Durchmesser gedreht, mit je einer ebenen und einer sphärischen Endfläche und deren Axen, vermittelst eines später zu beschreibenden Comparateurs gemessen; dasselbe wurde nach jedesmaliger Glühung wiederholt. Wir haben aufserdem und zur Controle, die fragliche Ausdehnung aus der Veränderung der specifischen Gewichte abgeleitet. Bei einem Stück sehr grofsblättrigen Spiegeleisens, welches wegen seiner Härte nicht in die zur Messung erforderliche Gestalt gebracht werden konnte, wurde die Ausdehnung auf diesem Wege allein ermittelt.

Die drei Körper wurden behufs der Glühung, in eine Büchse von Schwarzblech gepackt, die, um sie vor jeder Oxydation, und die Cylinder durch einen langsamen Temperaturwechsel, vor einer Krümmung zu schützen, vollständig mit ausgeglühtem Magnesiapulver angefüllt war. Die Büchse wurde wiederum in einen gufseisernen Kasten vo-

passender Gröfse und parallelopipedischer Form gepackt, der mit einem Deckel und, an zwei gegenüberstehenden Seiten, mit Zapfen versehen war, an denen er mittelst einer in Haken auslaufenden Gabel sehr leicht aus dem Ofen gehoben werden konnte.

In dem Kasten befand sich ferner ein als Pyrometer dienender Apparat, aus einer getriebenen Hohlkugel bestehend, die in eine etwa 3,5 Zoll lange Röhre mit sehr engem Lumen ausläuft; das Ende derselben ist conisch abgeschliffen und pafst luftdicht in die ausgebohrte Axe eines massiven kupfernen Cylinders, der das Stativ des Instrumentes bildet. Ursprünglich wurde versuchsweise der ganze Apparat aus Kupfer, später der der Hitze ausgesetzte Theil desselben aus Platin angefertigt. Unterhalb der Pyrometerröhre wird die hohle Axe des Stativs durch einen Hahn geschlossen, so dafs durch denselben die Communication zwischen dem Innern der Kugel und der Atmosphäre beliebig abgesperrt und hergestellt werden kann.

Beim Gebrauch wird das Pyrometer horizontal in den Kasten gelegt, die Kugel in einem Blechgefäfs in Magnesiapulver eingebettet, und so gelegt, dafs die Spitze der Röhre um einige Linien aus einem spaltenförmigen Einschnitt in der einen Seitenwand des Kastens herausragt.

So vorbereitet wurde der Kasten in einem kleinen Windofen mit natürlichem Luftzuge gegen zwei Stunden lang erhitzt, schnell aus dem Ofen genommen, das Pyrometerrohr mittelst einer Zange aus dem Spalt hervorgezogen, und das Stativ mit geschlossenem Hahn aufgesetzt, während die Kugel selbst noch in dem Kasten, von glühendem Magnesiapulver umgeben, verblieb, und so möglichst gut vor Abkühlung geschützt wurde. Nun erst wurde der Deckel geöffnet und das Pyrometer herausgenommen. Nach dem Erkalten setzen wir den Apparat in ein Gefäfs voll Wasser, so dafs das Stativ vollkommen unter dem Niveau steht, und öffnen endlich den Hahn. Die Luft im Innern der Kugel hat eine der Temperatur proportionale Verdünnung erlitten; der äufsere Atmosphärendruck treibt

daher in das Gefäfs eine entsprechende Menge Wasser, dessen Gewicht zur Berechnung der stattgehabten Temperatur benutzt wird.

Es bezeichnen:

α den Ausdehnungscoëfficienten der atmosphärischen Luft $= 0{,}00475$ für einen Grad Réaumur.

β den kubischen Ausdehnungscoëfficienten der Pyrometersubstanz

für Kupfer $= 0{,}000069$
für Platin $= 0{,}0000369$.

$\delta(t)$ den allgemeinen Ausdruck der Dichtigkeit des Wassers bei einer Temperatur t, die bei der Temperatur $\tau = 3^\circ{,}52$ stattfindende maximale, als Einheit genommen.

t' die fragliche Temperatur des Pyrometers.

h' den Gesammtdruck von Gasen und Dämpfen in demselben.

$\varepsilon' f'$ denjenigen Theil von h', der von Dämpfen ausgeübt wird. Beide sind für den Moment zu nehmen, wo der luftdichte Verschlufs des Instrumentes erfolgt.

t, h und f der Ordnung nach dieselben Gröfsen, nachdem in dem abgekühlten Pyrometer durch Aufsteigen des Wassers Gleichgewicht hergestellt ist.

γ den Druck einer Wassersäule, welche dem Niveauunterschiede in dem Pyrometer und im äufseren Gefäfse, im Momente des Herausnehmens aus dem letzteren, gleich ist.

p das Gewicht des bei dem Versuche eingedrungenen Wassers.

v das innere Volum des Pyrometers bei der Temperatur τ.

Der Druck werde überall ausgedrückt durch die in Pariser Linien gemessene Höhe einer Quecksilbersäule, welche ihm das Gleichgewicht hält. Die Volumina aber durch das Volumen einer Gewichtseinheit Wasser von der Temperatur τ.

Es bedeuten folglich:

$\frac{p}{\delta(t)} = \psi$ das Volumen des eingedrungenen Wassers von der Temperatur t.

$v[1+\beta(t-\tau)]=V$ das innere Volumen des Pyrometers für dieselbe.

$h-f-\gamma=H$ den Druck, unter dem die permanenten Bestandtheile des Luft- und Dampfgemenges im Innern des Pyrometers bei der Temperatur t stehen. —

Die Luftmenge $V-\psi$ erfüllt aber bei der Temperatur t' und dem Drucke der permanenten Bestardtheile $h'-\varepsilon' f'=H'$ das Pyrometervolumen bei t', das heifst einen Raum:

$$v[1+\beta(t'-\tau)]=V'.$$

Man hat daher für ihr Volumen:

$$(V-\psi)\left(\frac{1+\alpha t'}{1+\alpha t}\right)\frac{H}{H'}=V'$$

oder, nach Substitution der Werthe von V, V', ψ, H und H'

$$\left(v[1+\beta(t-\tau)]-\frac{p}{\delta(t)}\right)\left(\frac{1+\alpha t'}{1+\alpha t}\right)\left(\frac{h-f-\gamma}{h'-\varepsilon' f'}\right)=v[1+\beta(t'-\tau)].$$

Nach t' aufgelöst ergiebt sich:

$$t'=\frac{m(1-\beta\tau)-u}{\alpha u-\beta m},$$

wo zur Abkürzung gesetzt ist:

$$m=(1+\alpha t)\frac{h'-\varepsilon' f'}{h-f-\gamma}$$

$$u=1+\beta(t-\tau)-\frac{p}{v\,\delta(t)}.$$

Zur Bestimmung der Temperatur bei der ersten Glühung wurden das kupferne Probeinstrument angewandt und folgende Werthe beobachtet:

$$v=47{,}934$$
$$p=37{,}208$$
$$t=11{,}75$$
$$\gamma=3{,}5$$
$$h=338{,}8=h'.$$

[illegible] ein Manometer, welches mit dem Innern des Ofens [illegible]icirte, haben wir uns überzeugt, dafs kein merk[illegible]terschied zwischen dem Druck innerhalb desselben [illegible]r äufseren Atmosphäre stattfand.

$f = 4{,}78$ Spannung des gesättigten Wasserdampfes für die Temperatur t.

Ueber die Gröfse $\varepsilon' f'$ lassen sich verschiedene Annahmen machen. Unter der Voraussetzung, dafs der Wassergehalt des Brennmaterials so wie die wasserstoffhaltigen Gase bereits vollständig über demjenigen Niveau des Ofens ausgetrieben sind, wo sich die Mündung des Pyrometerrohres befindet, kommt nur der Wassergehalt der Luft in Betracht, welche zur Verbrennung unter den Rost in den Ofen tritt. Bezeichnen daher ε den Feuchtigkeitscoëfficienten der äufseren Luft von Temperatur t, f die Expansivkraft des bei dieser Temperatur gesättigten Dampfes, so erleidet deren Product bei ungehinderter Ausdehnung durch Temperaturerhöhung keine Veränderung; dieses Product würde demnach zu beobachten und dann: $\varepsilon' f' = \varepsilon f$ zu setzen seyn. — Es zerlegt sich aber der Wasserdampf in Berührung mit glühenden Kohlen in permanente Gase, Kohlenoxyd und Kohlenwasserstoffgas, welche erst in oberen Höhen des Ofens zur Verbrennung gelangen, und die ohnehin schon kleine Gröfse εf wird also in dem Maafse als die Zersetzung erfolgt, noch mit einem Coëfficienten η behaftet, der die Aliquote der Dampfmenge angiebt, welche der chemischen Einwirkung entgeht. Wir haben bei unseren Beobachtungen, wohl ohne uns wesentlich von der Wahrheit zu entfernen, $\eta = 0$ und daher auch $\varepsilon' f' = \eta . \varepsilon f = 0$ gesetzt.

Die angeführten Werthe in den obigen Ausdruck von t' substituirt ergeben für die erste Glühung

$$t' = 901^{\circ},55 \text{ R.}$$

Ein neben das Pyrometer gelegtes Stück Silber fand sich bei dieser Temperatur geschmolzen.

Bei der zweiten Glühung schmolz das kupferne Instrument zusammen, die Temperatur überstieg also den Schmelzpunkt des Kupfers, der gewöhnlich dem des Goldes $= 960^{\circ}$ sehr nahe angenommen wird.

Für die dritte Glühung war bei Anwendung des Platinpyrometers:

$$v = 15{,}5522$$
$$p = 11{,}894$$
$$t = 9{,}50$$
$$h = 338{,}5$$
$$f = 3{,}90$$
$$\gamma = 3{,}00$$
$$\varepsilon' f' = 0$$

und demnach

$$t' = 800^{\circ}{,}58 \text{ R.}$$

Die Länge der mit I und II bezeichneten gufseisernen Cylinder fand sich auf die Temperatur $+12^{\circ}$ reducirt, welche von der, bei welcher gemessen wurde, nie um mehr als $\pm 0^{\circ}{,}5$ abwich:

	Temperatur bei der Glühung.	Länge in Pariser Linien.	
		Cylinder I.	Cylinder II.
Vor der Glühung		32,5867	32,3735
Nach der Glühung bei	901°,55	32,7485	—
do.	(960?)	32,8129	32,6366
do.	800°,58	32,8514	32,6862

Bei der letzten Glühung hatte sich die ebene Endfläche des Cylinders II zu einem concaven Kugelsegment eingesenkt, dessen Höhe $= 0{,}0063$ Pariser Linien $= h$ gemessen wurde, während sich der Abstand seines Scheitels von dem der gegenüberliegenden convexen Endfläche $l = 32{,}6831$ ergab. Mit dem Radius des Cylinders $\varrho = 2{,}03$ Par. Lin. folgt für die Axe $l + x$ eines Cylinders, der bei ebener Endfläche ein gleiches Volumen mit dem verzogenen besitzt,

$$x = \frac{h}{2}\left(1 - \frac{h^2}{3\varrho^2}\right)$$

oder bis auf ganz Unmerkliches:

$$x = \frac{h}{2} = 0{,}0031 \text{ Par. Lin.;}$$

wonach der in der Tabelle angegebene Werth reducirt ist.

Die Wägungen ergaben:

		Beobachtetes Gewicht in		Temperatur d. Luft u. d. Wassers nach Réaum. t.	Barometerstand.	Wahres Gewicht		Spec. Gew. bei t^0 gegen Wasser von Temp. t	Spec. Gew. bei + 12° gegen Wasser von Temp. τ.
		Wasser.	Luft.			im leeren Raum.	gegen Wasser von Temp. t.		
Cylinder I	geglüht bei 901°	32,9530	28,3142	+ 13,5	339,0	32,9536	28,3093	7,09560	7,09178
	geglüht bei 960	32,8503	28,1894	10,0	339,0	32,8509	28,1845	7,04003	7,03987
	geglüht bei 800	32,7775	28,1086	19,0	337,0	32,7781	28,1038	7,01240	7,00087
Cylinder II	ungeglüht	33,0878	28,4293	13,5	339,0	33,0884	28,4244	7,09448	7,09067
	geglüht bei 960°	33,1107	28,3321	10,0	339,0	33,1113	28,3272	6,92113	6,92095
	geglüht bei 800	33,0332	28,2499	19,0	337,0	33,0338	28,2451	6,89837	6,88702
Spiegeleisen	ungeglüht	65,2820	56,7238	13,5	339,0	65,2826	56,7147	7,61944	7,61533
	geglüht bei 960°	65,1442	56,5839	13,5	339,0	65,1448	56,5746	7,60132	7,59722
	geglüht bei 800	65,0554	56,4983	13,5	337,0	65,0560	56,4893	7,59404	7,58995

Bei diesen Reductionen sind der Feuchtigkeitscoëfficient der Luft, zu 0,5 angenommen, so wie auch die normale cubische Ausdehnung des Gufseisens, gleich der des Spiegeleisens zu 0,0000416 für 1° R.; und die des Wassers entsprechend der in Gehler's Wörterbuch Bd. I S. 616 enthaltenen Tafel.

Die permanente Ausdehnung für die drei Körper ergiebt sich hiernach:

	Linearausdehnung		
	gefunden durch		wahrscheinlichster Werth
	Messung	Wägung	
Cylinder I durch die 1ste Glühung bei 901°	0,004967	(0,004967)	0,004967
» » 2te » » 960	0,001977	0,002466	0,002118
» » 3te » » 800	0,001179	0,001867	0,001393
durch die 3 Glühungen	0,008123	0,009300	0,008478
Cylinder II durch die 1ste Glühung bei 960°	0,008128	0,008108	0,008121
» » 2te » » 800	0,001537	0,001655	0,001573
durch die 2 Glühungen	0,009665	0,009763	0,009694
Spiegeleisen durch die 1ste Glühung bei 960°		0,000795	
» » 2te » » 800		0,000319	
durch die 2 Glühungen		0,001114	

Wir haben die Resultate der Messungen und Wägungen nach folgenden Grundsätzen zu einem Gesammtresultat verbunden.

Der Fehler einer Gewichtsbestimmung ergab sich, in Luft und in Wasser hinlänglich gleich, nach mehrmaliger Wiederholung zu 0gr,0004, woraus der Fehler Δs in den specifischen Gewichten s folgt,

für jeden der beiden Cylinder $\Delta s = \pm 0{,}00118$

für das Spiegeleisen $\Delta s = \pm 0{,}00122$,

und hiernach der Fehler ε in Bestimmung einer Linearausdehnung nach $\varepsilon = \frac{\Delta s}{3s}\sqrt{2}$,

für jeden der beiden Cylinder $\varepsilon = \pm 0{,}000079$

für das Spiegeleisen $\varepsilon = \pm 0{,}000076$.

Bei der Messung einer Cylinderlänge l, nahmen wir den Fehler $\Delta l = 0{,}0012$ Par. Lin. an, und erhalten daher für den Fehler einer Linearausdehnung

$$\varepsilon_1 = \frac{\Delta l}{l} \sqrt{2} = \pm 0{,}000052.$$

Die Resultate der Wägungen und Messungen wurden nun verbunden, indem erstere das Gewicht $\frac{\varepsilon_1^2}{\varepsilon_1^2 + \varepsilon^2}$, letztere das Gewicht $\frac{\varepsilon^2}{\varepsilon_1^2 + \varepsilon^2}$ erhielten, und ergaben so die in der Tafel als wahrscheinlichste Werthe angegebenen Zahlen.

Die vorstehend gefundenen Werthe der permanenten Ausdehnungen durch successive Glühungen zeigen eine schnelle Abnahme derselben. Nimmt man als Einfachstes an, dafs sie die Glieder einer convergirenden geometrischen Reihe ausmachen, so wird ihre Summe sich, mehr oder weniger schnell, dem Gränzwerthe $\frac{a}{1-e}$ nähern, d. h. der Summe der unendlichen Reihe $a + ae + ae^2 + \ldots$, in welcher a den permanenten Ausdehnungscoëfficienten für die erste Glühung und e einen echten Bruch bezeichnen.

Wir haben für den Cylinder I nach der Methode der kleinsten Quadrate, für die beiden anderen Körper aber aus der der Unbekannten gleichen Anzahl von Gleichungen, gefunden:

	a	e	$\frac{a}{1-e}$
Cylinder I	0,004649	0,5555	0,0100098
Cylinder II	0,008121	0,193695	0,0100719
Spiegeleisen	0,000795	0,443672	0,001292

Die überraschende Uebereinstimmung der Gränzwerthe, die sich für die beiden Cylinder ergeben haben, macht es wahrscheinlich, dafs dieselben wenig von den wahren abweichen. Beide beziehen sich auf einander sehr ähnliche graue Roheisensorten, deren ursprüngliche specifische Gewichte betrugen

für Nr. I = 7,1886 (etwa)
für Nr. II = 7,09067.

Beachtenswerth ist dagegen, dafs bei dem Spiegeleisen vom spec. Gewicht 7,6153 dieselbe Gröfse fast nur $\frac{1}{8}$ von der für das graue Roheisen geltenden betrug. Die merkwürdige Eigenschaft der permanenten Ausdehnung scheint daher von dem Kohlenstoffgehalt des Eisens der Gestalt abzuhängen, dafs sie mit dem Gehalt an Graphit wächst, mit dem an chemisch gebundenen Kohlenstoff aber abnimmt.

Das von uns angewandte Roheisen besafs einen Graphitgehalt, der in gewöhnlichen Gufswaaren wohl selten überschritten wird, und da wir von demselben die Gröfse der permanenten Ausdehnung abhängig gefunden haben, so mufsten wir wohl erwarten nur Angaben dieser Gröfse zu treffen, die bedeutend kleiner wären als die unserigen. Die im Gegentheil sehr viel gröfseren, welche vor uns beobachtet wurden, halten wir aus eben diesem Grunde für irrthümlich übertrieben.

In der Berg- und Hüttenmännischen Zeitung, Jahrgang XIII S. 12 und XIV S. 57, finden sich folgende Werthe für die permanente Linearausdehnung:

1) eines gufseisernen Gefäfses nach einmaligem Erhitzen zum Schmelzpunkt des Silbers	0,01861	Prinsep
nach dreimaligem Erhitzen	0,0373	
2) eines gufseisernen Roststabes nach 3tägigem Feuer	0,0045	Brix
17 » »	0,0104	
30 » »	0,0193	
nach langer? Zeit	0,0298	
3) eines gufseisernen Würfels nach $\frac{3}{4}$stündiger Rothgluth	0,0083	Schmollik.

Wir werden in einem der nächsten Hefte dieser Annalen eine spätere wesentliche Verbesserung unseres pyrometrischen Verfahrens beschreiben; denn wenn dasselbe auch bei gehöriger Sorgfalt in der Ausübung gewifs nicht hinter einem der sonst üblichen an Genauigkeit zurücksteht, so involvirt es doch auch einen Mangel, welcher

es in einzelnen Fällen sogar vollständig unanwendbar machen kann. Findet nämlich die Erhitzung in einer Dampfatmosphäre, wie über einem jeden Flammenfeuer statt, so dringt Dampf, nachdem die Luft der Temperatur des Apparats gemäfs verdünnt ist, durch die offene Röhre ungehindert in das Innere, bis ein Gleichgewicht der Sättigung im Innern und in der umgebenden Dampfatmosphäre hergestellt ist. Die Gröfse $\varepsilon' f'$ wächst dann bedeutend an, während h' constant bleibt. Bezeichnet man aber mit $\zeta = \frac{\varepsilon' f'}{h'}$ die durch Dämpfe bewirkte Aliquote des Gesammtdruckes, so überzeugt man sich durch Differentiation von t' nach ζ, dafs ein Fehler in dieser letzteren Gröfse auf t' einwirkt, *erstens*: in zugleich mit t' wachsendem Mafse, und *zweitens*: umgekehrt proportional mit $1 - \zeta$. Es heifst dieses nichts anders als dafs nach Erhitzung des Pyrometers in einer ganz aus Dämpfen bestehenden Atmosphäre, das Resultat der Beobachtung von der Temperatur t' durchaus unabhängig, d. h. zu deren Bestimmung unanwendbar ist, dafs aber auch ein jeder Fehler sowohl in p als in ε' einen um so beträchtlicheren Einflufs ausübt, je mehr ζ sich seinem der Einheit gleichen Gränzwerthe nähert.

XI. *Photographische Versuche; von Prof. v. Babo.*

(Aus d. Berichten über d. Verhandl. d. Gesellschaft für Beförderung der Naturwiss. zu Freiburg im Breisgau, Heft 1, 1855.)

Obgleich die ausgezeichneten Bilder, welche geübte Photographen herstellen, hinlänglich die Fortschritte in der Technik der Photographie beweisen, herrscht für den weniger Geübten in Beziehung auf die Herstellung der negativen Bilder eine Unsicherheit, welche zeigt, dafs die Theorie der verschiedenen Processe noch keineswegs vollkommen feststeht.

Bekanntlich wird das negative Bild erhalten, indem man eine gehörig gereinigte Glasplatte mit einem ein Jodpräparat enthaltenden Collodium übergiefst, dieselbe im Dunklen in eine Lösung von salpetersaurem Silberoxyd bringt, die so vorgerichtete Platte dem Licht in der *Camera obscura* aussetzt und das noch unsichtbare Bild durch Pyrogallussäure oder Eisenvitriol hervorruft. Für die Ausführung dieser Operationen, die Herstellung und Concentration der Präparate giebt es so viele und so abweichende Vorschriften, die bald die schönsten Bilder liefern, bald völlig im Stich lassen, dafs gerade deren Zahl das Ungenügende der Theorie beweist.

Durch eine Unzahl von auf die verschiedenste Weise abgeänderten Versuchen, welche angestellt wurden, um den Grund dieser Widersprüche aufzufinden, gelangte ich zu folgenden Resultaten.

1. Hauptbedingung des Gelingens der Operationen ist absolute Neutralität der Präparate, welche die Jodsilberschicht hervorbringen sollen. Diese Bedingung ist keineswegs so leicht zu erreichen, als man erwarten sollte. Das Collodium erleidet nämlich, wenn es nur eine Spur freier Säure, die durch die Reagentien kaum nachzuweisen ist, enthält, in Berührung mit den Jodpräparaten eine Zersetzung, deren Folge die Bildung der so zersetzbaren Jodwasserstoffsäure oder freien Jods ist, wodurch die Empfindlichkeit der damit hergestellten Schicht aufserordentlich beeinträchtigt wird. Gewöhnlich setzt man dem Collodium, um das freie Jod wegzunehmen, fein zertheiltes Silber hinzu, allein diefs entspricht dem Zweck nicht immer und nie auf lange Zeit. Das metallische Silber zerlegt nämlich bei Gegenwart von Jod oder Jodkalium das Collodium. Es bildet sich ein weifser Niederschlag, der neben organischen Stoffen jodsaures Silberoxyd enthält; das Collodium wird dünnflüssig und vollkommen unbrauchbar. Nimmt man aber auch das Silber, sobald die möglichste Neutralität, die an der Entfärbung des Präparats erkannt wird, hergestellt ist, heraus, so färbt sich das Col-

lodium doch bald durch die Einwirkung der Luft wieder und verliert seine Empfindlichkeit. Nimmt man die freie Säure durch ein Alkali hinweg, so überschreitet man unendlich leicht die Gränze der Neutralität, wodurch ebenfalls ein unbrauchbares Präparat erhalten wird.

Die verschiedenen Jodpräparate verhalten sich in Beziehung auf den zersetzenden Einflufs auf das auch noch so neutrale Collodium nicht gleich und selbst der Einflufs desselben Präparats ändert sich mit den Verhältnissen zwischen Aether, Wasser und Alkohol, welche das Collodium enthält. Je reicher an Aether und absolutem Alkohol ein Collodium ist, um so beständiger ist es unter sonst ganz gleichen Umständen, wird aber denn aus andern nachher anzuführenden Gründen weniger brauchbar. Unter allen versuchten Jodpräparaten zeigte das *Jodtetraethylamin* die gröfste Beständigkeit, wahrscheinlich weil das freiwerdende Jod hier nicht Jodsäure, sondern das von Weltzien beschriebene *Trijodtetraethylamin* bildet, welches weniger leicht weiter zersetzt wird.

Auch das mit Jodkalium oder Jodammonium bereitete Collodium erlangt eine gröfsere Beständigkeit, wenn man das Collodium vor dem Zusatz der ganzen Menge des Jodkaliums mit Aether und Alkohol gehörig verdünnt, wenig Jodkalium zusetzt und mit etwas reinem Harnstoff längere Zeit in einem so vorgerichteten Apparate kocht, dafs der verdampfende Aether zurückfliefst. Der Harnstoff bindet die freie Salpetersäure und zersetzt die sich bildende salpetrige Säure. Schüttelt man nach dem Erkalten das etwa gelb gewordene Collodium mit etwas Silber, giefst nach der Entfärbung ab, oder filtrirt in dem später zu beschreibenden Trichter [1]) zur Filtration ätherischer Flüssigkeiten und setzt dann die nöthige Menge vollkommen neutralen Jodkaliums zu, so erhält man ein äufserst empfindliches Präparat, welches namentlich bei schwacher Beleuchtung

1) Von diesem Trichter wollen wir nur bemerken, dafs er als eine Verbesserung des von Donavan zu betrachten ist, der sich in diesen Ann. Bd. IV S. 473 beschrieben und auf Taf. VI Fig. 6 abgebildet findet. P.

noch hinreichend kräftige Bilder liefert. Ein Ueberschufs von Harnstoff schadet hiebei nicht.

2. Eben so wichtig als die vollkommene Neutralität ist die Abwesenheit jedes reducirenden Körpers in dem Collodium. Setzt man demselben Aldehyd schweflige Säure, Schwefelwasserstoff, Alloxantin, Eisenoxydul, Pyrogallussäure oder Ameisensäure zu, so wird die Einwirkung des Lichts sehr beeinträchtigt, wo nicht aufgehoben. Es geht daraus ein Grund hervor, warum älteres Collodium seine Empfindlichkeit verliert, da durch den Einflufs des freiwerdenden Jods Aldehyd gebildet wird, wie ich mich durch Versuche mit den Destillationsproducten solchen Collodiums überzeugt habe. Es geht daraus ferner hervor, dafs zur Bereitung des Collodiums nur ein frisch über Aetzkali destillirter Alkohol und Aether verwandt werden darf, wenn der höchste Grad von Empfindlichkeit erreicht werden soll. Eben so dürfte es wohl vortheilhaft seyn, die zur Darstellung des Collodiums zu verwendende Schiefsbaumwolle mit einer Lösung von Harnstoff zu kochen, um jede Spur salpetriger Säure zu zerstören; doch habe ich mich bisjetzt hievon noch nicht durch den Versuch überzeugt.

3. Das Collodium darf keine jodsauren Salze enthalten. Durch ihre Gegenwart wird die Einwirkung eines schwachen Lichts fast gänzlich gehemmt. Da nun freies Jod bei seiner Einwirkung auf salpetersaures Silberoxyd die Bildung von Jodsäure bedingt, liegt hierin ein weiterer Grund der geringen Empfindlichkeit eines, freies Jod enthaltenden Collodiums.

4. Versetzt man im Dunklen in einem Proberöhrchen salpetersaures Silberoxyd mit einem Ueberschufs von Jodkalium, setzt es dann dem Lichte aus und fügt Pyrogallussäure, wie man sie zum Hervorrufen der Bilder benutzt, hinzu, so erfolgt keine Reduction, oder wenigstens erst nach langer Zeit. Sammelt man durch überschüssiges Jodkalium gefälltes Jodsilber auf einem Filter und wäscht es im Dunklen aus, so zeigt es sich ebenfalls unempfindlich. Setzt man dagegen zur Silberlösung nur so viel Jodkalium,

dafs noch etwas salpetersaures Silber unzersetzt bleibt, so wird bei dem oben angeführten Verfahren sogleich das Silber durch die Pyrogallussäure reducirt. Dasselbe tritt ein, wenn man das reine Jodsilber mit etwas salpetersaurem Silber versetzt und wie oben verfährt. Ist dagegen so viel Silberlösung zugegen, dafs ein Theil des Jodsilbers sich darin löst, so verliert das Präparat an Empfindlichkeit.

Hierin liegt ein weiterer Grund des häufigen Mifslingens der Bilder, wo man es nicht erwarten sollte, und ein Grund, aus dem man mit den verschiedensten Präparaten bald einen guten, bald einen schlechten Erfolg erzielt. Die Menge des von der Collodiumschicht aufgenommenen nicht zersetzten, das heifst nicht in Jodsilber verwandelten, die Empfindlichkeit der Schicht bedingenden Silberoxyds hängt nämlich von sehr verschiedenen Umständen ab, welche man nicht immer vollständig in Gewalt hat. Natürlich übt vor Allem die Concentration der Silberlösung und die Menge des im Collodium enthaltenen Jodpräparats hierauf einen entschiedenen Einflufs; allein innerhalb gewisser Gränzen sind die Diffusionsverhältnisse des Collodiums entscheidend.

Bekanntlich bringt man die Platte, noch ehe aller Aether verdampft ist, in das Silberbad. Der Austausch der in dem Collodium enthaltenen Substanzen gegen die Silberlösung ist also ein sehr zusammengesetzter. Alkohol und Aether tauschen sich gegen Wasser aus, Silberoxyd verwandelt sich in Chlorsilber, salpetersaures Kali oder Ammoniak, Aethylamin, Harnstoff bildet sich und diffundirt gegen die Silberlösung bis ein Gleichgewichtszustand, nicht vollständig, aber angenähert hergestellt ist. Es ist daher klar, dafs je nach der Menge des vorhandenen Alkohols und Aethers, deren Verhältnifs wieder selbst von der Temperatur, bei welcher das Collodium aufgegossen wurde, abhängig ist, je nach der Natur des angewendeten Jodpräparats bald mehr, bald weniger unzersetzte Silberlösung aufgenommen wird, dafs demnach innerhalb gewisser Gränzen der Er-

folg immer vom Zufall oder der Erfahrung abhängig bleiben mufs. Uebrigens schien mir auch in dieser Beziehung der Harnstoff und besonders das Aethylamin einen sicheren Erfolg zu haben als Kali- oder Ammoniaksalze, indem bei deren Anwendung stets mehr des zersetzbaren Silbersalzes in der Schicht zurückblieb, als bei Anwendung der reinen Kali- oder Ammoniaksalze. Diefs gab sich namentlich dadurch zu erkennen, dafs bei Anwendung von Kali- und Ammoniaksalzen ein kräftiges Licht sehr bald aufhörte die Wirkung zu erhöhen, die Tiefe des Tones im Gegentheil nach einer gewissen Zeit wieder abnahm, während bei Anwendung von Aethylamin eine solche Uebersättigung nicht eintrat, sondern der Farbenton der Lichtwirkung mehr proportional blieb. Da ferner Alkohol kräftiger gegen Wasser diffundirt als Aether, ist ein bedeutender Alkoholgehalt in den meisten Fällen günstig.

Ohne auf eine bestimmte Vorschrift einen zu grofsen Werth zu legen, da die Verhältnisse, wie aus dem Vorhergehenden ersichtlich ist, immer von den Umständen abhängen, fand ich für eine Silberlösung, welche 8 bis 9 Proc. Silbersalz enthält, folgende Zusammensetzung des Collodiums besonders günstig:

Pyroxylin	1		
Alkohol von 80 Proc.	30	bis	40
Aether	50	»	60
Jodtetraethylamin	0,5	»	1.

Das zu verwendende Jodaethylamin wird in möglichst wenig wässrigem Weingeist von 50 Proc. gelöst, mit Silberpulver etwa 24 Stunden digerirt, um alles freie Jod wegzunehmen und dann dem vorher bereiteten Collodium zugesetzt. Die Collodiumschicht läfst man vor der Einführung in das Silberbad einige Secunden horizontal gestellt, verdunsten, bis der Geruch nach Aether fast verschwunden ist. Bei Berührung mit dem Finger mufs sie mehr gallertartig als häutig erscheinen, wenn sie in das Silberbad gebracht wird.

Die Zeit der Exposition wechselt nach der Beleuchtung zwischen 1 und 18 bis 20 Secunden.

Was das Hervorrufen des Bildes betrifft, gab ich nach vielen Versuchen einer Mischung von 100 Wasser, 20 Alkohol, 30 Essigsäure des Handels auf 1 Pyrogallussäure den Vorzug. Vergeblich suchte ich diese durch eine Reihe anderer Präparate, welche das Silberoxyd reduciren, zu ersetzen. Unter anderen stellte ich vergebliche Versuche mit Aldehydammoniak, Alloxantin und phosphoriger Säure an. Das günstigste Resultat erhielt ich noch mit Eisenvitriol, der mit einigen Tropfen phosphoriger Säure versetzt war. Während Eisenvitriol allein immer matte Bilder liefert, erhielt ich hiedurch kräftigere Lichter; allein diese Mischung hat der Pyrogallussäure gegenüber den Nachtheil, daſs nach kurzer Zeit auch die Schatten angegriffen werden, was bei der Pyrogallussäure nicht der Fall ist.

Sehr schwache negative Bilder lassen sich übrigens auf folgende Weise kräftigen, wenn überhaupt Zeichnung vorhanden ist. Man fixirt mit Cyankalium und wäscht sehr sorgfältig mit destillirtem Wasser ab. Nun übergieſst man mit Sublimatlösung ($\frac{1}{20}$ Sublimat enthaltend) und läſst stehen bis alle Lichter weiſs geworden sind; man entfernt jede Spur von Sublimatlösung durch Waschen und übergieſst das Bild mit verdünntem Aetzammoniak. Der durch die vorige Behandlung entstandene Calomel wird hiedurch in Quecksilberoxydul verwandelt, und das Bild erscheint ohne Vergleich tiefer, nicht allein bei auffallendem, sondern auch bei durchfallendem Licht.

Durch ein auf vorstehende Weise bereitetes Collodium gelang es mir, selbst bei dem nur eine Secunde andauernden, durch Verbrennen von etwa 2 Liter Stickstoffoxydgas mit Schwefelkohlenstoff entstehenden Licht noch hinreichend kräftige Bilder zu erhalten, wenn die Gegenstände 1 bis $1\frac{1}{2}$ Fuſs von der Lichtquelle entfernt waren. Als ähnliche Versuche auch mit anderen künstlichen Lichtquellen angestellt wurden, ergab sich, daſs die Flamme des gewöhnlichen Leuchtgases, auch wenn sie, indem man in die Mitt-

eines Argand'schen (Scott'schen) Brenners Sauerstoffgas leitete, möglichst verstärkt wurde, selbst nach 10 bis 15 Secunden wirkungslos blieb, dafs ferner die durch Drummond's Kalklicht erzeugte Beleuchtung nur eine sehr schwache Wirkung hervorbrachte, dafs in Sauerstoff verbrennender Phosphor etwa in 10 Secunden eben so starken Effect hervorbrachte als die oben beschriebene Mischung in etwa $1\frac{1}{2}$ Secunden. Es mufs also das durch Verbrennen des Schwefelkohlenstoffs in Stickstoffoxyd entstehende Licht vorzugsweise chemisch-wirkende Strahlen enthalten. Die kräftigere Wirkung dieses Lichts konnte theilweise aber auch davon herrühren, dafs bei der so raschen Verbrennung des Gemenges die grofse Lichtmasse die photographische Wirkung bedingte. Um diefs zu prüfen mufste dasselbe Licht bei kleiner Flamme und längerer Einwirkung untersucht werden. Hiezu benutzte ich den im Folgenden beschriebenen Apparat. Unter eine nach Art der Döbereiner'schen Zündmaschine in ein grofses Glasgefäfs befestigte Glocke wird eine Kupferspirale von etwa 2 Fufs Oberfläche, aus Kupferabfällen bestehend, gebracht, und der Tubulus der Glocke durch Kork und eine 3‴ weite Glasröhre zunächst mit einer $1\frac{1}{2}$″ weiten, 1′ langen horizontalen Glasröhre, welche zerfallenen Kalk enthält, luftdicht verbunden. Das andere Ende der Röhre kann durch einen Glashahn luftdicht verschlossen werden. Das Glasgefäfs wird mit einer Mischung aus gleichen Theilen Salpetersäure des Handels und Wasser gefüllt. Oeffnet man den Hahn, so findet sogleich eine starke Entwicklung von Stickstoffoxydgas statt, welche durch die Stellung des Hahns beliebig geregelt werden kann; durch den Kalk wird das Gas gereinigt und soweit getrocknet als nöthig ist, damit der Hahn nicht durch sich ansetzende Tropfen von Salpetersäure vorübergehend geschlossen werden kann, was ein stofsweises Aufflackern der Flamme zur Folge haben würde. Der Glashahn ist durch Kautschuck und eine Glasröhre mit einer kleinen Woulf'schen Flasche luftdicht verbunden, an deren Boden diese mündet. Die Flasche enthält

mit Schwefelkohlenstoff getränkte Baumwolle und kann, in einem Wasserbade stehend, durch eine kleine Spirituslampe erhitzt werden. In den anderen Tubulus der Flasche ist eine etwa eine Linie weite, 6 Zoll lange Glasröhre eingefügt, welche als Brenner dient. In dieser Flasche mischt sich das hindurchstreichende Stickstoffoxydgas mit Schwefelkohlenstoffdampf und kann dann angezündet werden. Es versteht sich, dafs diefs nicht geschehen darf, bevor alle Luft ausgetrieben ist, indem sich ein Gemeng aus Luft und Schwefelkohlenstoffdampf mit heftiger Explosion entzünden und den Apparat zerschmettern würde. Bisweilen schlägt die Flamme aber auch bei Ausschlufs der Luft in die Woulfe'sche Flasche zurück und bewirkt dort eine kleine Explosion, welche aber, wenn diese nur 2 bis 3" Kubikinhalt hat, gefahrlos ist. Das Zurückschlagen findet nur dann statt, wenn die Entwicklung des Stickoxydgases plötzlich unterbrochen wird und sich dann zufällig das Gemenge des Stickoxydgases und Schwefelkohlenstoffs genau in dem zur Verbrennung nöthigen stöchiometrischen Verhältnifs vorfindet.

Hat man die Menge des Stickoxydgases und Schwefelkohlenstoffs durch Stellung des Hahns und richtiges Erwärmen des Schwefelkohlenstoffs auf 30 bis 35° regulirt, so verbrennt es mit einer $1\frac{1}{2}$ Zoll hohen, nicht sehr stark leuchtenden, bläulichen Flamme, welche schon nach 10 Secunden fast so bedeutende photographische Wirkungen hervorbringt, als die Flamme des in Sauerstoff verbrennenden Phosphors. Es beweist diefs also, dafs die Menge der chemisch-wirkenden Strahlen dieser Lichtquelle in keinem Verhältnifs zu ihrer Lichtstärke steht, sondern die aller anderen untersuchten Flammen sehr bedeutend übertrifft.

XII. *Die Fluorescenz erregende Eigenschaft der Flamme des Schwefelkohlenstoffs; von den Professoren v.* **Babo** *und* **J. Müller.**

(Aus d. Berichten über d. Verhandl. d. Gesellschaft für Beförd. d. Naturwiss. zu Freiburg im Breisgau, Heft I. 1855.)

In den meisten künstlichen Flammen ist Roth und Gelb so entschieden vorherrschend, dafs die chemische und die Fluorescenz erregende Wirkung derselben höchst unbedeutend ist. Eine merkwürdige Ausnahme bildet nun in dieser Hinsicht die bereits im vorhergehenden Aufsatz besprochene Flamme des mit Stickoxydgas verbrennenden Schwefelkohlenstoffdampfs. Die starke photographische Wirkung dieser Flamme, welche Hr. v. Babo gefunden hatte, berechtigte zu der Erwartung, dafs dieses Licht auch sehr geeignet seyn müsse, um die Erscheinungen der Fluorescenz hervorzubringen.

Die Versuche, welche wir in dieser Beziehung anstellten, übertrafen bei weitem alle Erwartungen.

Eine Chininlösung, den Strahlen dieses Lichtes ausgesetzt, zeigte eine sehr starke Fluorescenz; die Oberfläche einer ätherischen Lösung von Blattgrün (aus Epheu gewonnen) erschien prächtig roth; verschiedene Varietäten von Flufsspath, von der Flamme des Schwefelkohlenstoffs beleuchtet, verbreiteten ein herrliches blaues Licht, welches bei den grünen und violetten Flufsspathkrystallen von *Derbyshire* am schönsten war, sich aber auch bei anderen Varietäten, obgleich bei weitem schwächer zeigte. Am prachtvollsten und überraschendsten war aber die Erscheinung, welche das Uranglas zeigte. Ein aus dieser Masse ...tigtes Petschaft strahlte ein sanft grünes Licht aus, als ...es selbstleuchtend, phosphorescirend wäre.

...er eigenthümlich magische Effect läfst sich leicht ... wenn man bedenkt, dafs das von dem Uranglase ...iffuse Licht zum gröfsten Theil aus Lichtstrah-

len besteht, die vor ihrem Auffallen auf die fluorescirende Substanz keine Lichtwirkung hervorbringen konnten, aus Strahlen, die eben erst durch das Uranglas sichtbar gemacht worden waren und deren Leuchtkraft besonders kräftig hervortrat im Gegensatz gegen die schwache, von der Flamme direct ausgehende Erleuchtung.

Das diffuse grüne Licht, welches das Uranglas zeigt, wenn man die Sonnenstrahlen auf dasselbe fallen läfst, ist allerdings noch intensiver, als das bei der Flamme des Schwefelkohlenstoffs wahrgenommene, allein wegen der ringsum verbreiteten Tageshelle fällt es weniger auf, und gewinnt nicht so das magisch phosphorische Ansehen, von welchem eben geredet wurde.

Die Strahlen der Schwefelkohlenstoff-Flamme, auf fluorescirende Körper durch Linsen concentrirt, bringen auch die Erscheinung der farbigen Lichtbüschel hervor, welche bei dem Uranglase und dem Blattgrün sich besonders gut beobachten lassen.

Nach diesen Beobachtungen schien es interessant, das Licht der Schwefelkohlenstoff-Flamme auch prismatisch zu analysiren. Vor die Flamme wurde deshalb ein ungefähr $0^{mm},75$ weiter Spalt gesetzt und derselbe aus einer Entfernung von ungefähr 12 Fufs durch ein Flintglasprisma betrachtet. Es zeigte sich ein vollkommenes Spectrum, bei welchem aber, wie wohl zu erwarten stand, das violette Ende ungewöhnlich intensiv erschien. Schwarze Streifen fehlten, dagegen zeigten sich drei helle Linien, nämlich zwei im *Gelb* und eine im *Grün*. Am hellsten war die eine Linie im Gelb, nach ihr die im Grün, während die zweite Linie im Gelb ziemlich schwach war.

Für das benutzte Flintglasprisma ergaben sich mit Hülfe des Theodoliths folgende Werthe der Brechungsexponenten für die hellen Streifen:

der helle Streif im Gelb	1,6166
» schwache Streif im Gelb	1,6178
» Streif im Grün	1,6250.

Um die Stellung dieser Streifen im Spectrum gehörig

zu bestimmen, müfsten für dasselbe Prisma die Brechungs-Exponenten der wichtigsten Fraunhofer'schen Linien bestimmt seyn, was geschehen soll, sobald die Jahreszeit die Vornahme der entsprechenden Versuche gestatten wird.

XIII. *Ueber das Bromtitan;*
von Dr. A. W. Hofmann,

Prof. d. Chemie am *Royal College of Chemistry* in London.

(Aus einem Briefe an H. Rose.)

Eine Vergleichung der Siedpunkte correspondirender Chlor- und Bromverbindungen führte Prof. Kopp zu der interessanten Beobachtung, dafs mit jedem Aequivalent Brom, welches sich einem Aequivalent Chlor substituirt, der Siedpunkt im Durchschnitt um 32° C. steigt:

		Siedepunkt.	Differenz.
Aethylchlorid	C_4H_5Cl	11° C.	30
Aethylbromid	C_4H_5Br	41° C.	
Dichlorirtes Aethylen	$C_4H_4Cl_2$	67° C.	66 = 2×33
Dibromirtes Aethylen	$C_4H_4Br_2$	133°,6 C.	
Phosphorterchlorid	PCl_3	78° C.	97 = 3×32⅓.
Phosphorterbromid	PBr_3	175° C.	

Wenn diese Differenz für alle Chlor- und Bromverbindungen eine constante ist, so erhellt, dafs sich sehr wichtige Folgerungen in Beziehung auf die atomistische Constitution dieser Körper aus der Bestimmung ihrer Siedpunkte ziehen lassen.

Prof. Kopp hat in der That diese Beobachtung mit glücklichem Erfolg zur Feststellung des Aequivalents des Siliciums benutzt, über welches solche Unsicherheit herrschte,

dafs nicht weniger als drei Formeln für die Kieselsäure vorgeschlagen wurden:

$$SiO$$
$$SiO_2$$
$$SiO_3.$$

Die Siedpunktsdifferenz des Chlorids (59° C.) und des Bromids (153° C.), nämlich $94 = 3 \times 31\frac{1}{3}$, führte Kopp zu den Formeln:

$$SiCl_3 \text{ und } SiBr_3$$

als Ausdruck für die atomistische Constitution dieser Verbindungen, wonach sich das Aequivalent des Siliciums zu 21,3 ergiebt.

Um jedoch die allgemeine Geltung von Kopp's Beobachtungen zu prüfen, war es nöthig, die Siedpunkte correspondirender Chlor- und Bromverbindungen, welche Abweichungen darboten, nochmals mit Sorgfalt zu bestimmen, und die Untersuchung auf eine gröfstmögliche Anzahl neuer Verbindungen auszudehnen.

Hr. Francis Baldwin Duppa hat sich, auf meinen Vorschlag hin, mit der Untersuchung dieses Gegenstandes beschäftigt und bereits einige werthvolle Resultate erhalten, welche Sie vielleicht der Akademie mittheilen wollen.

Die Bromverbindung des Titans war bis jetzt unbekannt. Hr. Duppa erhält diesen Körper, indem er einen Strom von Brom über eine innige Mischung von reiner Titansäure und Kohle leitet. Bei hellrother Glühhitze tritt eine heftige Reaction ein und liefert eine braune Flüssigkeit, welche in der Vorlage zu einer krystallinischen Masse erstarrt. Mit Ueberschufs von Quecksilber destillirt, wodurch alles freie Brom entfernt wird, stellt sich das Bromtitan als eine bernsteingelbe Masse von prachtvoll krystallinischer Structur dar. Dieser Körper zieht mit der gröfsten Begierde Feuchtigkeit an und verwandelt sich in Titansäure und Bromwasserstoffsäure. Bas Bromtitan hat ein specifisches Gewicht von 2,6; es schmilzt bei 39° C. Sein Siedpunkt wurde von Hrn. Duppa mit einer beträchtlichen Quantität des Körpers, von dessen Reinheit er sich

durch die [illegible] [illegible] hatte, untersucht und bei 230° C. gefunden. Der des Chlortitans, wie er von Dumas beobachtet und von Hrn. [illegible] bestätigt wurde, ist 135° C. Die Differenz 230 − 135 = 95 = 3 × 31,7 ist ganz dieselbe, wie die, welche die Siedpunkte des Chlorids und Bromids trennt.

Diese Beobachtung liefert eine weitere Begründung für die Analogie zwischen Silicium und Titan, indem sie unzweideutig auf die Formeln

$$TiCl_3 \text{ und } TiBr_3$$

hindeutet, als Ausdruck für die atomistische Constitution dieser Verbindungen.

Die Titansäure, welche bisher allgemein als ein Bioxyd TiO_2 angesehen wurde, erhielte alsdann die Formel

$$TiO_3$$

in völliger Uebereinstimmung mit derjenigen, welche fast allgemein für die Kieselsäure angenommen wird.

Das Aequivalent des Titans würde alsdann von 24,29 der gegenwärtig adoptirten Zahl, auf 36,39 erhöht werden müssen.

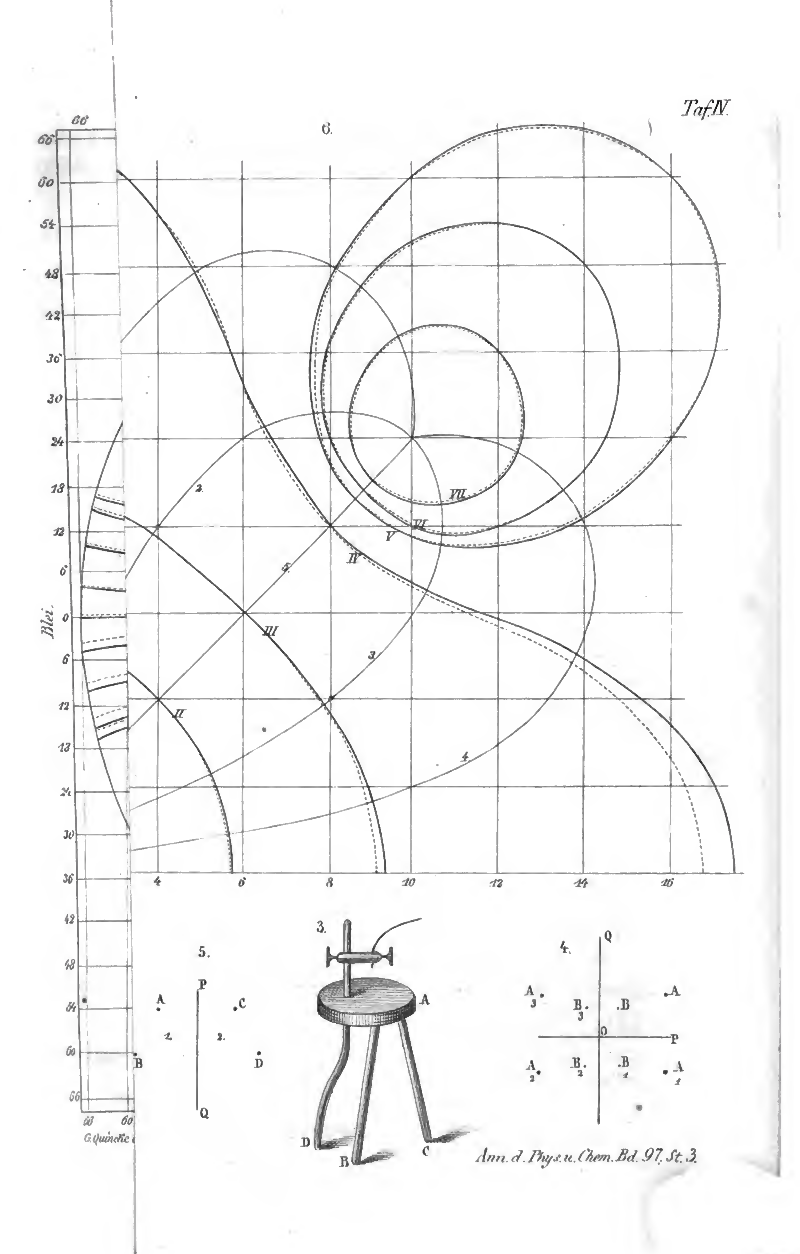
Das Titanoxyd würde in diesem Falle zum Sesquioxyd werden, und die Verbindung, die bisher unter dem Namen Sesquioxyd bekannt war, als ein Zwischenoxyd, als eine Verbindung des Sesquioxyds mit dem Teroxyd, d. h. als Bititanat des Titansesquioxyds betrachtet werden müssen.

Formeln der Titanverbindungen:

alte		neue
$Ti = 24{,}29$		$Ti = 36{,}39$
TiO	erstes Oxyd	Ti_2O_3
Ti_2O_3	zweites Oxyd	$Ti_4O_9 = Ti_2O_3, 2TiO_3$
TiO_2	Säure	TiO_3
$TiCl_2$	Chlorid	$TiCl_3$
$TiBr_2$	Bromid	$TiBr_3$.

Weitere Untersuchungen über die Titanreihe müssen entscheiden, ob die vorgeschlagene Aenderung des Titanaequivalents, welche auf die Beobachtung der Siedpunktsdifferenz allein immerhin gewagt erscheinen mufs, in der [illegible] einen einfacheren Ausdruck für die Verbindungsver[illegible] dieses merkwürdigen Elements gewähre.

[illegible] bei A. W. Schade in Berlin, Grünstr. 18.



Taf.IV.
6.
Blei.
I
II
III
IV
V
VI
VII
3.
4.
5.
A
B
C
D
P
Q
O
G. Quincke

durch die Analyse überzeugt hatte, untersucht und bei 230° C. gefunden. Der des Chlortitans, wie er von Dumas beobachtet und von Hrn. Duppa bestätigt wurde, ist 135° C. Die Differenz $230 - 135 = 95 = 3 \times 31\frac{1}{3}$ ist ganz dieselbe, wie die, welche die Siedpunkte des Chlorids und Bromids darbieten.

Diese Beobachtung liefert eine weitere Begründung für die Analogie zwischen Silicium und Titan, indem sie unzweideutig auf die Formeln

$$Ti\,Cl_3 \text{ und } Ti\,Br_3$$

hindeutet, als Ausdruck für die atomistische Constitution dieser Verbindungen.

Die Titansäure, welche bisher allgemein als ein Binoxyd $Ti\,O_2$ angesehen wurde, erhielte alsdann die Formel

$$Ti\,O_3$$

in völliger Uebereinstimmung mit derjenigen, welche fast allgemein für die Kieselsäure angenommen wird.

Das Aequivalent des Titans würde alsdann von 24,29, der gegenwärtig adoptirten Zahl, auf 36,39 erhöht werden müssen.

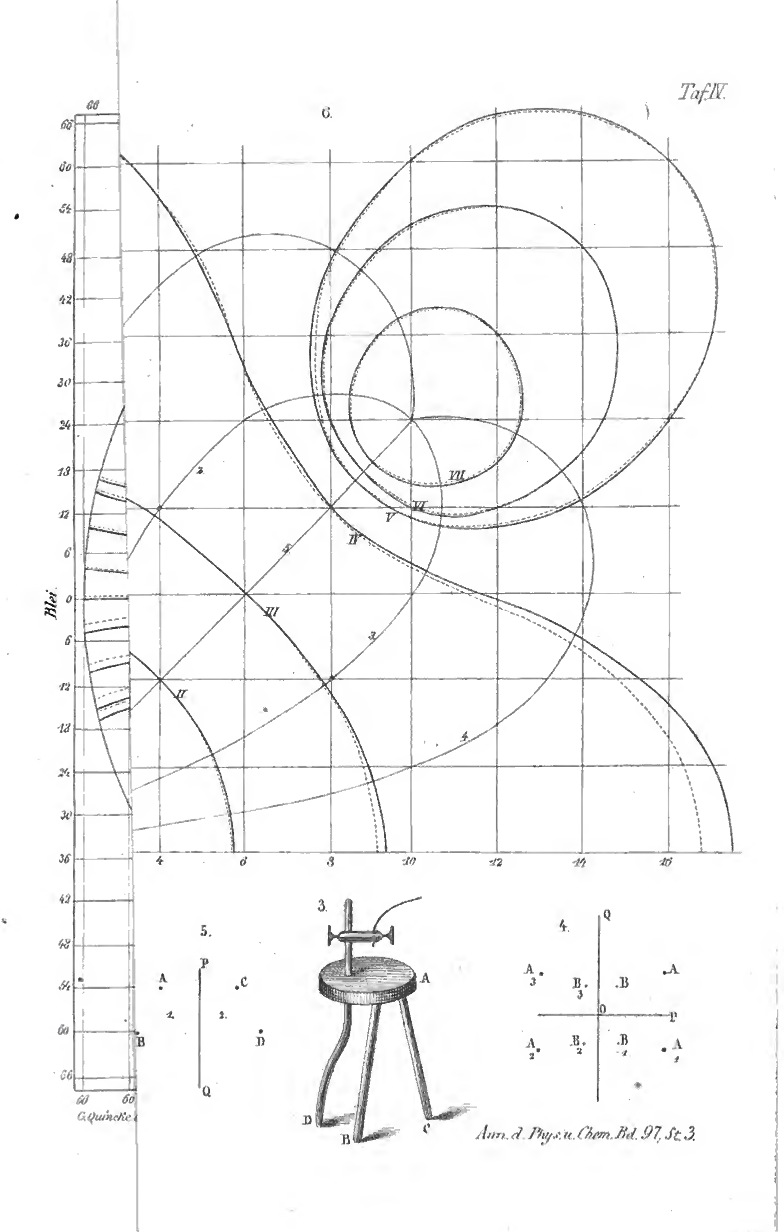
Das Titanoxyd würde in diesem Falle zum Sesquioxyd werden, und die Verbindung, die bisher unter dem Namen Sesquioxyd bekannt war, als ein Zwischenoxyd, als eine Verbindung des Sesquioxyds mit dem Teroxyd, d. h. als Bititanat des Titansesquioxyds betrachtet werden müssen.

Formeln der Titanverbindungen:

alte		neue
$Ti = 24{,}29$		$Ti = 36{,}39$
$Ti\,O$	erstes Oxyd	$Ti_2\,O_3$
$Ti_2\,O_3$	zweites Oxyd	$Ti_4\,O_9 = Ti_2\,O_3,\ 2\,Ti\,O_3$
$Ti\,O_2$	Säure	$Ti\,O_3$
$Ti\,Cl_2$	Chlorid	$Ti\,Cl_3$
$Ti\,Br_2$	Bromid	$Ti\,Br_3$.

Weitere Untersuchungen über die Titanreihe müssen entscheiden, ob die vorgeschlagene Aenderung des Titanaequivalents, welche auf die Beobachtung der Siedpunktsdifferenz allein immerhin gewagt erscheinen mufs, in der That einen einfacheren Ausdruck für die Verbindungsverhältnisse dieses merkwürdigen Elements gewähre.

Gedruckt bei A. W. Schade in Berlin, Grünstr. 18.



Taf.IV.
6.
Blei.
5.
3.
4.
G.Quincke
Ann. d. Phys. u. Chem. Bd. 97, St. 3.

1856. ANNALEN №. 4.
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND XCVII.

I. *Ueber die Anwendung der mechanischen Wärmetheorie auf die Dampfmaschine;*
von R. Clausius.

(Schlufs von S. 476.)

27. Der Einflufs, welchen die Verschiedenheit des Druckes im Kessel und im Cylinder auf die Arbeit ausübt, ist bisher wohl am vollständigsten in dem Werke von de Pambour »*Théorie des Machines à Vapeur*« behandelt, und es sey mir gestattet, bevor ich selbst auf diesen Gegenstand eingehe, das Wesentlichste jener Behandlungsweise, nur mit etwas anderer Bezeichnung und unter Fortlassung der Gröfsen, welche sich auf die Reibung beziehen, hier voraufzuschicken, um leichter nachweisen zu können, inwiefern sie den neueren Kenntnissen über die Wärme nicht mehr entspricht, und zugleich die neue Behandlungsweise, welche meiner Meinung nach an ihre Stelle treten mufs, daran anzuknüpfen.

28. Die Grundlage der Pambour'schen Theorie bilden die beiden schon eingangs erwähnten Gesetze, welche damals ziemlich allgemein auf den Wasserdampf angewandt wurden. Erstens das Watt'sche Gesetz, dafs die Summe der latenten und freien Wärme constant sey. Aus diesem Gesetze zog man den Schlufs, dafs, wenn ein Quantum Wasserdampf im Maximum der Dichte in einer für Wärme undurchdringlichen Hülle eingeschlossen sey, und der Rauminhalt dieser Hülle vergröfsert oder verkleinert werde, dabei der Dampf weder überhitzt werde, noch sich theilweise niederschlage, sondern gerade im Maximum der Dichte bleibe; und dieses sollte stattfinden, ganz unabhängig davon, in

welcher Weise die Volumenänderung geschehe, ob der Dampf dabei einen seiner Expansivkraft entsprechenden Druck zu überwinden habe, oder nicht. Dasselbe Verhalten des Dampfes setzte Pambour im Cylinder der Dampfmaschine voraus, indem er auch von den Wassertheilchen, welche in diesem Falle dem Dampfe beigemengt sind, nicht annahm, dafs sie einen merklichen ändernden Einflufs ausüben könnten.

Um nun den Zusammenhang, welcher für Dampf im Maximum der Dichte zwischen Volumen und Temperatur oder Volumen und Druck besteht, näher angeben zu können, wandte Pambour zweitens das Mariotte'sche und Gay-Lussac'sche Gesetz auf den Dampf an. Daraus erhält man, wenn man das Volumen eines Kilogramm Dampf bei 100° im Maximum der Dichte nach Gay-Lussac zu 1,696 Cubikmeter annimmt, und bedenkt, dafs der dabei stattfindende Druck von einer Atmosphäre 10333 Kilogrm. auf ein Quadratmeter beträgt, und man für irgend eine andere Temperatur t das Volumen und den Druck unter Zugrundelegung derselben Einheiten mit v und p bezeichnet, die Gleichung:

$$(28) \qquad v = 1{,}696 \cdot \frac{10333}{p} \cdot \frac{273+t}{273+100}.$$

Hierin braucht man nur noch für p die aus der Spannungsreihe bekannten Werthe zu setzen, um für jede Temperatur das unter jenen Voraussetzungen richtige Volumen berechnen zu können.

29. Da nun aber in den Formeln für die Arbeit der Dampfmaschine das Integral $\int p\,dv$ eine Hauptrolle spielt, so war es, um dieses auf bequeme Weise berechnen zu können, nothwendig, eine möglichst einfache Formel zwischen v und p allein zu haben.

Die Gleichungen, welche man erhalten würde, wenn man mittelst einer der gebräuchlichen empirischen Formeln für p die Temperatur t aus der vorigen Gleichung eliminiren wollte, würden zu complicirt ausfallen, und Pambour

zog es daher vor, eine besondere empirische Formel für diesen Zweck zu bilden, welcher er nach dem Vorgange von Navier folgende allgemeine Gestalt gab:

$$(29) \quad v = \frac{B}{b + p},$$

worin B und b Constante sind. Diese Constanten suchte er nun so zu bestimmen, dafs die aus dieser Formel berechneten Volumina möglichst genau mit den aus der vorigen Formel berechneten übereinstimmten. Da dieses aber für alle bei den Dampfmaschinen vorkommende Druckgröfsen nicht mit hinlänglicher Genauigkeit möglich ist, so berechnete er zwei verschiedene Formeln, für Maschinen *mit* und *ohne* Condensator.

Die erstere lautet:

$$(29_a) \quad v = \frac{20000}{1200 + p},$$

und schliefst sich der obigen Formel (28) am besten zwischen $\frac{2}{3}$ und $3\frac{1}{2}$ Atmosphären an, ist aber auch noch in einem etwas weiteren Intervall, etwa zwischen $\frac{1}{2}$ und 5 Atmosphären anwendbar.

Die zweite, für Maschinen ohne Condensator bestimmte, dagegen lautet:

$$(29_b) \quad v = \frac{21232}{3020 + p}.$$

Sie ist zwischen 2 und 5 Atmosphären am genausten, und das ganze Intervall ihrer Anwendbarkeit reicht etwa von $1\frac{1}{3}$ bis 10 Atm.

30. Die von den Dimensionen der Dampfmaschine abhängigen Gröfsen, welche bei der Bestimmung der Arbeit in Betracht kommen, sollen hier, etwas abweichend von Pambour, folgendermafsen bezeichnet werden. Der ganze Raum, welcher während eines Hubes im Cylinder für den Dampf frei wird, mit Einschlufs des schädlichen Raumes, heifse v'. Der schädliche Raum soll von dem ganzen Raume den Bruchtheil ε bilden, so dafs also der schädliche Raum durch $\varepsilon v'$ und der von der Stempelfläche beschriebene Raum durch $(1 - \varepsilon)v'$ dargestellt wird. Ferner

sey der Theil des ganzen Raumes, welcher bis zum Momente des Abschlusses des Cylinders vom Dampfkessel für den Dampf frei geworden ist, ebenfalls mit Einschlufs des schädlichen Raumes, mit ev' bezeichnet. Demnach wird der von der Stempelfläche während des Dampfzutrittes beschriebene Raum durch $(e-\varepsilon)v'$ und der während der Expansion beschriebene Raum durch $(1-e)v'$ ausgedrückt.

Um nun zunächst die während des Dampfzutrittes gethane Arbeit zu bestimmen, mufs der während dieser Zeit im Cylinder wirksame Druck bekannt seyn. Dieser ist jedenfalls kleiner, als der Druck im Kessel, weil sonst kein Strömen des Dampfes stattfinden würde; wie grofs aber diese Differenz ist, läfst sich nicht allgemein angeben, da sie nicht nur von der Einrichtung der Maschine abhängt, sondern auch davon, wie weit der Maschinist die im Dampfzuleitungsrohre befindliche Klappe geöffnet hat, und mit welcher Geschwindigkeit sich die Maschine bewegt. Durch Aenderung dieser Umstände kann jene Differenz innerhalb weiter Gränzen variiren. Auch braucht der Druck im Cylinder nicht während der ganzen Zeit des Zuströmens constant zu seyn, weil sowohl die Stempelgeschwindigkeit, als auch die von dem Ventil oder dem Schieber frei gelassene Zuströmungsöffnung veränderlich ist.

In Bezug auf den letzteren Umstand nimmt Pambour an, dafs der mittlere Druck, welcher bei der Bestimmung der Arbeit in Rechnung zu bringen ist, mit hinlänglicher Genauigkeit gleich demjenigen Drucke gesetzt werden könne, welcher zu Ende des Einströmens im Momente des Abschlusses vom Kessel im Cylinder stattfindet. Obwohl ich es nicht für zweckmäfsig halte, eine solche Annahme, welche nur für die numerische Berechnung in Ermangelung sichrerer Data zu Hülfe genommen ist, gleich in die allgemeinen Formeln mit einzuführen, so mufs ich doch hier bei der Auseinandersetzung seiner Theorie seinem Verfahren folgen.

Den im Momente des Abschlusses im Cylinder stattfindenden Druck bestimmt Pambour mittelst der von ihm festgestellten Beziehung zwischen Volumen und Druck, in-

dem er dabei voraussetzt, dafs die während der Zeiteinheit und somit auch die wärend eines Hubes aus dem Kessel in den Cylinder tretende Dampfmenge durch besondere Beobachtungen bekannt ist. Wir wollen dem Früheren entsprechend die ganze während eines Hubes in den Cylinder tretende Masse mit M, und den dampfförmigen Theil derselben mit m bezeichnen. Da dieser Masse, von welcher Pambour nur den dampfförmigen Theil berücksichtigt, im Momente des Abschlusses den Raum ev' ausfüllt, so hat man, wenn man den in diesem Momente stattfindenden Druck mit p_2 bezeichnet, nach Gleichung (29):

$$ev' = \frac{m.B}{b+p_2}$$

woraus folgt:

$$(30) \quad p_2 = \frac{m.B}{ev'} - b.$$

Multiplicirt man diese Gröfse mit dem bis zu demselben Momente von der Stempelfläche beschriebenen Raume $(e-\varepsilon)v'$, so erhält man für den ersten Theil der Arbeit den Ausdruck:

$$(31) \quad W_1 = mB.\frac{e-\varepsilon}{e} - v'(e-\varepsilon)b.$$

Das Gesetz, nach welchem sich der Druck während der nun folgenden Expansion ändert, ergiebt sich ebenfalls aus der Gleichung (29). Sey das veränderliche Volumen in irgend einem Momente mit v und der dazugehörige Druck mit p bezeichnet, so hat man:

$$p = \frac{m.B}{v} - b.$$

Diesen Ausdruck mufs man in das Integral $\int p\,dv$ einsetzen, und dann die Integration von $v=ev'$ bis $v=v'$ ausführen, wodurch man als zweiten Theil der Arbeit erhält:

$$(32) \quad W_2 = mB.\log\frac{1}{e} - v'(1-e)b.$$

Um die bei dem Rückgange des Stempels von dem Gegendrucke gethane negative Arbeit zu bestimmen, mufs der Gegendruck selbst bekannt seyn. Wir wollen, ohne

für jetzt darauf einzugehen, wie sich dieser Gegendruck zu dem im Condensator stattfindenden Drucke verhält, den mittleren Gegendruck mit p_0 bezeichnen, so daſs die von ihm gethane Arbeit durch

$$(33)\quad W_3 = -v'(1-\varepsilon)p_0$$

dargestellt wird.

Endlich bleibt noch die Arbeit übrig, welche dazu verwandt werden muſs, um die Flüssigkeitsmenge M wieder in den Kessel zurückzupressen. Pambour hat diese Arbeit nicht besonders berücksichtigt, sondern hat sie in die Reibung der Maschine mit eingeschlossen. Da ich sie indessen in meine Formeln, um den Cyclus der Operationen vollständig zu haben, mit aufgenommen habe, so will ich sie zur leichteren Vergleichung auch hier hinzufügen. Wie sich aus den bei dem früher betrachteten Beispiele aufgestellten Gleichungen (21) und (22) ergiebt, wird diese Arbeit, wenn p_1 den Druck im Kessel und p_0 den im Condensator bedeutet, im Ganzen durch

$$(34)\quad W_4 = -M\sigma(p_1 - p_0)$$

dargestellt. Für unseren jetzigen Fall, wo wir unter p_0 nicht den Druck im Condensator selbst, sondern in dem mit dem Condensator in Verbindung stehenden Theile des Cylinders verstehen, ist dieser Ausdruck freilich nicht ganz genau; da aber wegen der Kleinheit der Gröſse σ der ganze Ausdruck einen so geringen Werth hat, daſs er kaum der Berücksichtigung verdient, so können wir eine im Verhältnisse zu dem schon kleinen Werthe wiederum kleine Ungenauigkeit um so mehr vernachlässigen, und wollen daher den Ausdruck in derselben Form auch hier beibehalten.

Durch Addition dieser vier einzelnen Arbeitsgröſsen erhält man die ganze während des Kreisprocesses gethane Arbeit, nämlich:

$$(35)\quad W = mB\left(\frac{e-\varepsilon}{e} + \log\frac{1}{e}\right) - v'(1-\varepsilon)(b+p_0) - M\sigma(p_1 - p_0).$$

31. Will man die Arbeit endlich noch, statt auf einen einzelnen Hub, während dessen die Dampfmenge m wirk-

sam ist, lieber auf die Gewichtseinheit Dampf beziehen, so braucht man den vorigen Werth nur durch m zu dividiren. Wir wollen dabei den Bruch $\frac{M}{m}$, welcher das Verhältniſs der ganzen in den Cylinder tretenden Masse zu dem dampfförmigen Theile derselben darstellt, und somit etwas gröſser als 1 ist, mit l, ferner den Bruch $\frac{v'}{m}$ d. h. den Raum, welcher der Gewichtseinheit Dampf im Cylinder im Ganzen geboten wird, mit V, und den Bruch $\frac{W'}{m}$, oder die der Gewichtseinheit Dampf entsprechende Arbeit, mit W bezeichnen. Dann kommt:

$$\text{(XII)} \quad W = B\left(\frac{e-\varepsilon}{e} + \log\frac{1}{e}\right) - V(1-\varepsilon)(b+p_0) - l\sigma(p_1 - p_0).$$

In dieser Gleichung kommt nur ein Glied vor, welches von dem Volumen V abhängt, und zwar enthält es V als Factor. Da dieses Glied negativ ist, so folgt daraus, daſs die Arbeit, welche man mittelst einer Gewichtseinheit Dampf erhalten kann, unter sonst gleichen Umständen am gröſsten ist, wenn das Volumen, welches dem Dampfe im Cylinder geboten wird, möglichst klein ist. Der kleinste Werth des Volumens, welchem man sich, wenn man ihn auch nie ganz erreicht, doch mehr und mehr nähern kann, ist derjenige, welchen man findet, wenn man annimmt, daſs die Maschine so langsam gehe, oder der Zuströmungskanal so weit sey, daſs im Cylinder derselbe Druck p_1 stattfinde wie im Kessel. Dieser Fall giebt also das Maximum der Arbeit. Ist bei gleichem Dampfzustrome die Ganggeschwindigkeit gröſser, oder bei gleicher Ganggeschwindigkeit der Dampfzustrom geringer, so erhält man in beiden Fällen mittelst derselben Dampfmenge eine kleinere Arbeit.

32. Bevor wir von hier aus dazu übergehen, nach der mechanischen Wärmetheorie dieselbe Reihe von Vorgängen in ihrem Zusammenhange zu betrachten, wird es zweckmäſsig seyn, einen derselben, welcher noch einer speciellen Untersuchung bedarf, vorher einzeln zu behandeln, um die darauf bezüglichen Resultate im Voraus festzustellen, näm-

lich *das Einströmen des Dampfes in den schädlichen Raum und in den Cylinder, wenn er hier einen geringeren Druck zu überwinden hat, als den, mit welchem er aus dem Kessel getrieben wird.* Ich kann bei dieser Untersuchung ganz nach denselben Principien verfahren, welche ich schon in einem früheren Aufsatze [1]) zur Behandlung einiger ähnlicher Fälle angewandt habe.

Der aus dem Kessel kommende Dampf tritt zuerst in den schädlichen Raum, comprimirt hier den vom vorigen Hube noch vorhandenen Dampf von geringer Dichte, und füllt den dadurch frei werdenden Raum aus, und wirkt dann drückend gegen den Stempel, welcher der Annahme nach wegen verhältnifsmäfsig geringer Belastung so schnell zurückweicht, dafs der Dampf nicht schnell genug folgen kann, um im Cylinder dieselbe Dichte zu erreichen, wie im Kessel.

Unter solchen Umständen müfste, wenn aus dem Kessel gerade nur gesättigter Dampf austräte, dieser im Cylinder überhitzt werden, indem die lebendige Kraft der Einströ-

1) »Ueber das Verhalten des Dampfes bei der Ausdehnung unter verschiedenen Umständen;« diese Ann. Bd. 82, S. 263. Ueber diesen Aufsatz und eine damit zusammenhängende im *Phil. Mag.* mitgetheilte Notiz sagt Helmholtz bei seiner Berichterstattung in den von der *Physikalischen Gesellschaft* zu Berlin herausgegebenen »Fortschritten der Physik« Jahrg. 1850 und 51 S. 582, dafs dieselben seiner Meinung nach in mehreren Punkten principiell unrichtig seyen. Die Gründe, welche er dafür anführt, sind mir aber nicht verständlich geworden. Es werden mir Ansichten zugeschrieben, die ich nie gehabt habe, und ihnen gegenüber Sätze ausgesprochen, die ich nie bestritten habe, und die sogar zum Theil die Grundlage meiner eigenen Arbeiten über die mechanische Wärmetheorie bilden, und dabei ist das Ganze so allgemein gehalten, dafs es mir unmöglich gewesen ist, zu erkennen, in wiefern jene Ansichten aus meinen Worten folgen, oder diese Sätze meine Schlüsse widerlegen sollen. Ich sehe mich daher zu einer Vertheidigung meiner früheren Arbeiten gegen diesen Tadel nicht veranlafst. Da indessen die hier folgende Entwicklung, wie oben gesagt, ganz auf denselben Ansichten beruht, von welchen ich damals geleitet wurde, so wird Helmholtz vielleicht auch in ihr dieselben principiellen Fehler wiederfinden. Für diesen Fall sehe ich seinen Einwendungen entgegen, nur möchte ich ihn dann ersuchen, etwas specieller auf die Sache einzugehen.

mungsbewegung sich hier in Wärme verwandelt; da aber der Dampf etwas fein vertheiltes Wasser mit sich führt, so wird von diesem ein Theil durch die überschüssige Wärme verdampfen, und dadurch der übrige Dampf im gesättigten Zustande erhalten werden.

Wir müssen uns nun die Aufgabe stellen: *wenn erstens der Anfangszustand der ganzen in Betracht kommenden Masse, sowohl der schon vorher im schädlichen Raume befindlichen, als auch der aus dem Kessel neu hinzukommenden, ferner die Gröfse der Arbeit, welche während des Einströmens von dem auf den Stempel wirkenden Drucke gethan wird, und endlich der Druck, welcher im Momente des Abschlusses vom Kessel im Cylinder stattfindet, gegeben sind, dann zu bestimmen, wieviel von der im Cylinder befindlichen Masse in diesem Momente dampfförmig ist.*

33. Die vor dem Einströmen im schädlichen Raume befindliche Masse, von welcher der Allgemeinheit wegen angenommen werden soll, dafs sie theils flüssig theils dampfförmig sey, heifse μ und der davon dampfförmige Theil μ_0. Der Druck dieses Dampfes und die dazugehörige absolute Temperatur mögen vorläufig mit p_0 und T_0 bezeichnet werden, ohne dafs damit gesagt seyn soll, dafs dieses genau dieselben Werthe seyen, welche auch für den Condensator gelten. Der Druck und die Temperatur im Kessel sollen wie früher p_1 und T_1, die ans dem Kessel in den Cylinder strömende Masse M und der davon dampfförmige Theil m_1 heifsen. Der während des Einströmens auf den Stempel ausgeübte Druck braucht, wie schon erwähnt, nicht constant zu seyn. Wir wollen denjenigen Druck den *mittleren* nennen und mit p'_1 bezeichnen, mit welchem der von der Stempelfläche während der Zeit des Einströmens beschriebene Raum multiplicirt werden mufs, um dieselbe Arbeit zu erhalten, welche von dem veränderlichen Drucke gethan wird. Der im Momente des Abschlusses im Cylinder wirklich stattfindende Druck und die dazugehörige Temperatur seyen durch p_2 und T_2 und endlich die Gröfse, um deren Bestimmung es sich handelt, nämlich der von der ganzen

jetzt im Cylinder vorhandenen Masse $M+\mu$ dampfförmige Theil durch m_2 dargestellt.

Zur Bestimmung dieser Gröfse denken wir uns die Masse $M+\mu$ auf irgend einem Wege in ihren Anfangszustand zurückgeführt, z. B. folgendermafsen. Der dampfförmige Theil m_2 wird im Cylinder durch Herabdrücken des Stempels condensirt, wobei vorausgesetzt wird, dafs der Stempel auch in den schädlichen Raum eindringen könne. Zugleich wird der Masse in irgend einer Weise fortwährend soviel Wärme entzogen, dafs ihre Temperatur constant T_2 bleibt. Dann wird von der ganzen flüssigen Masse der Theil M in den Kessel zurückgeprefst, wo er wieder die ursprüngliche Temperatur T_1 annimmt. Dadurch ist im Kessel derselbe Zustand wie vor dem Einströmen wieder hergestellt, indem es nicht darauf ankommt, ob gerade *dieselbe* Masse m_1, welche vorher dampfförmig war, es auch jetzt wieder ist, oder ob eine *gleich grofse andere* Masse an ihre Stelle getreten ist. Der übrige Theil μ wird zuerst im flüssigen Zustande von T_2 bis T_0 abgekühlt, und bei dieser Temperatur verwandelt sich der Theil μ_0 in Dampf, wobei der Stempel soweit zurückweicht, dafs dieser Dampf wieder seinen ursprünglichen Raum einnehmen kann.

34. Hiermit hat die Masse $M+\mu$ einen vollständigen Kreisprocefs durchgemacht, auf welchen wir nun den Satz anwenden können, dafs die Summe aller während eines Kreisprocesses von der Masse aufgenommenen Wärmemengen der ganzen dabei gethanen äufseren Arbeit aequivalent seyn mufs.

Es sind nach einander folgende Wärmemengen aufgenommen:

1) Im Kessel, wo die Masse M von der Temperatur T_2 bis T_1 erwärmt und bei der letzteren Temperatur der Theil m_1 in Dampf verwandelt werden mufste:

$$m_1 r_1 + Mc(T_1 - T_2).$$

2) Bei der Condensation des Theiles m_2 bei der Temperatur T_2:

$$-m_2 r_2.$$

3) Bei der Abkühlung des Theiles μ von T_2 bis T_0:

$$-\mu c(T_2-T_0).$$

4) Bei der Verdampfung des Theiles μ_0 bei der Temperatur T_0:

$$\mu_0 r_0.$$

Die im Ganzen aufgenommene Wärmemenge, welche Q heifse, ist also:

$$(36)\quad Q=m_1 r_1-m_2 r_2+Mc(T_1-T_2)+\mu_0 r_0-\mu c(T_2-T_0).$$

Die Arbeitsgröfsen ergeben sich folgendermafsen:

1) Um den von der Stempelfläche während des Einströmens beschriebenen Raum zu bestimmen, weifs man, dafs der ganze zu Ende dieser Zeit von der Masse $M+\mu$ eingenommene Raum

$$m_2 u_2+(M+\mu)\sigma$$

ist. Hiervon mufs der schädliche Raum abgezogen werden. Da dieser zu Anfange bei der Temperatur T_0 von der Masse μ ausgefüllt wurde, wovon der Theil μ_0 dampfförmig war, so läfst er sich durch

$$\mu_0 u_0+\mu\sigma$$

darstellen. Zieht man diese Gröfse von der vorigen ab, und multiplicirt den Rest mit dem mittleren Drucke p'_1, so erhält man als erste Arbeit:

$$(m_2 u_2+M\sigma-\mu_0 u_0)p'_1.$$

2) Die Arbeit bei der Condensation der Masse m_2 ist:

$$-m_2 u_2 p_2.$$

3) Beim Zurückpressen der Masse M in den Kessel:

$$-M\sigma p_1.$$

4) Bei der Verdampfung des Theiles μ_0:

$$\mu_0 u_0 p_0.$$

Durch Addition dieser vier Gröfsen erhält man für die ganze Arbeit W den Ausdruck:

$$(37)\quad W=m_2 u_2(p'_1-p_2)-M\sigma(p_1-p'_1)-\mu_0 u_0(p'_1-p_0).$$

Setzt man diese für Q und W gefundenen Werthe in die Gleichung (I) nämlich

$$Q=A.W$$

ein, und bringt die mit m_2 behafteten Glieder auf Eine Seite zusammen, so kommt:

$$(XIII)\quad m_2[r_2+Au_2(p'_1-p_2)]=m_1r_1+Mc(T_1-T_2)$$
$$+\mu_0r_0-\mu c(T_2-T_0)+A\mu_0u_0(p'_1-p_0)+AM\sigma(p_1-p'_1).$$

Mittelst dieser Gleichung kann man aus den als bekannt vorausgesetzten Gröfsen die Gröfse m_2 berechnen.

35. In solchen Fällen, wo der mittlere Druck p'_1 beträchtlich gröfser ist, als der Enddruck p_2, z. B. wenn man annimmt, dafs während des gröfseren Theiles der Einströmungszeit im Cylinder nahe derselbe Druck stattgefunden habe, wie im Kessel, und erst zuletzt durch Ausdehnung des schon im Cylinder befindlichen Dampfes der Druck auf den geringeren Werth p_2 herabgesunken sey, kann es vorkommen, dafs man für m_2 einen Werth findet, der kleiner als $m_1+\mu_0$ ist, dafs also ein Theil des ursprünglich vorhandenen Dampfes sich niedergeschlagen hat. Ist dagegen p'_1 nur wenig gröfser oder gar kleiner als p_2, so findet man für m_2 einen Werth, der gröfser als $m_1+\mu_0$ ist. Dieses letztere ist bei der Dampfmaschine als Regel zu betrachten, und gilt insbesondere auch für den von Pambour angenommenen speciellen Fall, dafs $p'_1=p_2$ ist.

Wir sind somit zu Resultaten gelangt, welche von den Pambour'schen Ansichten wesentlich abweichen. Während dieser für die beiden verschiedenen Arten der Ausdehnung, welche in der Dampfmaschine nach einander vorkommen, ein und dasselbe Gesetz annimmt, nach welchem der ursprünglich vorhandene Dampf sich weder vermehren noch vermindern, sondern immer nur gerade im Maximum der Dichte bleiben soll, haben wir zwei verschiedene Gleichungen gefunden, welche ein entgegengesetztes Verhalten erkennen lassen. Bei der ersten Ausdehnung während des Einströmens mufs nach der eben gefundenen Gleichung (XIII) noch neuer Dampf entstehen, und bei der weiteren Ausdehnung nach dem Abschlusse vom Kessel, wobei der Dampf die volle seiner Expansivkraft entsprechende Arbeit thut, mufs nach der früher schon entwickelten Gleichung (VII) ein Theil des vorhandenen Dampfes sich niederschlagen.

Da diese beiden entgegengesetzten Wirkungen der Dampfvermehrung und -verminderung, welche auch auf die Gröfse der von der Maschine geleisteten Arbeit einen entgegengesetzten Einflufs ausüben müssen, zum Theil einander aufheben, so kann dadurch unter Umständen angenähert dasselbe Endresultat entstehen, wie nach der einfacheren Pambour'schen Annahme. Deshalb darf man jedoch nicht darauf verzichten, die einmal gefundene Verschiedenheit auch zu berücksichtigen, besonders wenn es sich darum handelt zu bestimmen, in welcher Weise eine Aenderung in der Einrichtung oder im Gange der Dampfmaschine auf die Gröfse ihrer Arbeit einwirkt.

36. Mit Hülfe der in §. 34 einzeln angeführten Wärmemengen kann man nach dem, was in §. 8 gesagt ist, leicht auch die bei der Ausdehnung eintretende uncompensirte Verwandlung bestimmen, indem man das in der Gleichung

$$N = -\int \frac{dQ}{T}$$

vorkommende Integral auf diese Wärmemengen bezieht.

Die Mittheilung der Wärmemengen $m_1 r_1$, $-m_2 r_2$ und $\mu_0 r_0$ geschieht bei constanten Temperaturen, nämlich T_1, T_2 und T_0, und diese Theile des Integrals sind daher:

$$\frac{m_1 r_1}{T_1}, \quad -\frac{m_2 r_2}{T_2} \quad \text{und} \quad \frac{\mu_0 r_0}{T_0}.$$

Für die von den Wärmemengen $Mc(T_1 - T_2)$ und $-\mu c(T_2 - T_0)$ herrührenden Theile des Integrals findet man nach dem schon in §. 23 angewandten Verfahren die Ausdrücke:

$$Mc \log \frac{T_1}{T_2} \quad \text{und} \quad -\mu c \log \frac{T_2}{T_0}.$$

Indem man die Summe dieser Gröfsen an die Stelle des obigen Integrals setzt, erhält man für die uncompensirte Verwandlu[illegible] Werth:

(38) $N =$ [illegible] $\frac{m_2 r_2}{T_2} - Mc \log \frac{T_1}{T_2} - \frac{\mu_0 r_0}{T_0} + \mu c \log \frac{T_2}{T_0}.$

37\. [illegible] ns nun wieder zu dem vollständigen [illegible] fmaschine stattfindenden Kreispro-

cesse wenden, und die einzelnen Theile desselben in ähnlicher Weise wie früher nach einander betrachten.

Aus dem Dampfkessel, in welchem der Druck p_1 angenommen wird, strömt die Masse M in den Cylinder, und zwar der Theil m_1 dampfförmig, und der übrige Theil tropfbar flüssig. Der während dieser Zeit im Cylinder wirksame mittlere Druck werde wie oben mit p'_1 und der Enddruck mit p_2 bezeichnet.

Nun dehnt sich der Dampf aus, bis sein Druck von p_2 bis zu einem gegebenen Werthe p_3, und demgemäſs seine Temperatur von T_2 bis T_3 gesunken ist.

Darauf wird der Cylinder mit dem Condensator, in welchem der Druck p_0 stattfindet, in Verbindung gesetzt, und der Stempel macht die ganze eben vollendete Bewegung wieder zurück. Der Gegendruck, welchen er dabei erfährt, ist bei etwas schneller Bewegung gröſser als p_0, und wir wollen daher zum Unterschiede von diesem Werthe den mittleren Gegendruck mit p'_0 bezeichnen.

Der zu Ende der Stempelbewegung im schädlichen Raume bleibende Dampf, welcher für den nächsten Hub in Betracht kommt, steht unter einem Drucke, welcher ebenfalls weder gleich p_0 noch gleich p'_0 zu seyn braucht, und daher mit p''_0 bezeichnet werde. Er kann gröſser oder kleiner als p'_0 seyn, jenachdem der Abschluſs von dem Condensator etwas vor oder nach dem Ende der Stempelbewegung eintritt, indem der Dampf im ersteren Falle noch etwas weiter comprimirt wird, im letzteren Falle dagegen Zeit hat, sich durch theilweises Ausströmen in den Condensator noch etwas weiter auszudehnen.

Endlich muſs die Masse M noch aus dem Condensator in den Kessel zurückgeschafft werden, wobei wie früher der Druck p_0 befördernd wirkt, und der Druck p_1 überwunden werden muſs.

38. Die bei diesen Vorgängen gethanen Arbeitsgröſsen werden durch ganz ähnliche Ausdrücke dargestellt, wie in dem früher betrachteten einfacheren Falle, nur daſs die Indices der Buchstaben in leicht ersichtlicher Weise

geändert, und die auf den schädlichen Raum bezüglichen Gröfsen hinzugefügt werden müssen. Man erhält dadurch folgende Gleichungen.

Für die Zeit des Einströmens nach §. 34, wobei nur noch u''_0 statt u_0 geschrieben werden mufs:

$$(39)\quad W_1 = (m_2 u_2 + M\sigma - \mu_0 u''_0)\, p'_1$$

Für die Expansion von dem Drucke p_2 bis zum Drucke p_3 nach der Gleichung (IX), wenn darin $M+\mu$ an die Stelle von M gesetzt wird:

$$(40)\quad W_2 = m_3 u_3 p_3 - m_2 u_2 p_2 + \frac{1}{A}\Big[m_2 r_2 - m_3 r_3 + (M+\mu)\, c\,(T_2 - T_3)\Big].$$

Für den Rückgang des Stempels, wobei der von der Stempelfläche durchlaufene Raum gleich dem ganzen von der Masse $M+\mu$ unter dem Drucke p_3 eingenommenen Raume weniger dem durch $\mu_0 u''_0 + \mu\sigma$ dargestellten schädlichen Raume ist:

$$(41)\quad W_3 = -(m_3 u_3 + M\sigma - \mu_0 u''_0)\, p'_0.$$

Für die Zurückschaffung der Masse M in den Kessel:

$$(42)\quad W_4 = -M\sigma(p_1 - p_0).$$

Die ganze Arbeit ist demnach:

$$(43)\quad W' = \frac{1}{A}\Big[m_2 r_2 - m_3 r_3 + (M+\mu)\, c\,(T_2 - T_3)\Big] + m_2 u_2 (p'_1 - p_2) + m_3 u_3 (p_3 - p'_0) - M\sigma(p_1 - p'_1 + p'_0 - p_0) - \mu_0 u''_0 (p'_1 - p'_0).$$

Die hierin vorkommenden Massen m_2 und m_3 ergeben sich aus den Gleichungen (XIII) und (VII), wobei man nur in der ersteren an die Stelle von p_0 den Werth p''_0 setzen, und in entsprechender Weise die Gröfsen T_0, r_0 und u_0 ändern, und in der letzteren an die Stelle von M die Summe $M+\mu$ einführen mufs. Ich will indessen die durch diese Gleichungen mögliche Elimination der beiden Gröfsen m_2 und m_3 hier nicht vollständig ausführen, sondern nur für eine derselben m_2 ihren Werth einsetzen, weil es für die Rechnung zweckmäfsiger ist, die so erhal-

tene Gleichung mit den beiden früher gewonnenen zusammen zu betrachten. Das zur Bestimmung der Arbeit der Dampfmaschine dienende System von Gleichungen lautet also in seiner allgemeinsten Form:

$$(XIV)\begin{cases} W' = \frac{1}{A}\Big[m_1 r_1 - m_3 r_3 + Mc(T_1 - T_3) \\ \quad + \mu_0 r''_0 - \mu c(T_3 - T''_0)\Big] + m_3 u_3 (p_3 - p'_0) \\ \quad + \mu_0 \mu''_0 (p'_0 - p''_0) - M\sigma(p'_0 - p_0) \\ m_2[r_2 + Au_2(p'_1 - p_2)] = m_1 r_1 + Mc(T_1 - T_2) \\ \quad + \mu_0 r''_0 - \mu c(T_2 - T''_0) + A\mu_0 u''_0 (p'_1 - p''_0) \\ \quad + AM\sigma(p_1 - p'_1) \\ \frac{m_3 r_3}{T_3} = \frac{m_2 r_2}{T_2} + (M + \mu)\, c \log \frac{T_2}{T_3}. \end{cases}$$

39. Ich glaube, dafs es nicht ohne Interesse seyn wird, wenn ich, bevor ich versuche, diese Gleichungen für die Anwendung geschickter zu machen, zeige, wie man auch für eine unvollkommene Dampfmaschine auf dem früher angedeuteten umgekehrten Wege zu denselben Ausdrücken gelangt, wie auf dem vorher verfolgten. Ich werde aber, um bei dieser Abschweifung nicht zu weitläufig zu werden, nur zwei der Unvollkommenheiten, welche in den vorigen Gleichungen berücksichtigt sind, in Betracht ziehen, nämlich das Vorhandenseyn des schädlichen Raumes, und den geringeren Druck des Dampfes im Cylinder als im Kessel während des Einströmens. Dagegen werde ich annehmen, dafs die Expansion vollständig sey, in welchem Falle $T_3 = T_0$ zu setzen ist, und dafs auch die Gröfsen T_0, T'_0 und T''_0 unter einander gleich seyen.

Wir haben bei dieser Bestimmung die Gleichung (2) anzuwenden, welche wir hier in folgender Form schreiben wollen:

$$W' = \frac{1}{A}\left(Q_1 - T_0 \int_0^{Q_1} \frac{dQ}{T}\right) - \frac{T_0}{A} N.$$

Das erste Glied auf der rechten Seite bedeutet die Arbeit, welche man mittelst der angewandten Wärmemenge Q_1,

welche für unseren Fall durch $m_1 r_1 + Mc(T_1 - T_0)$ dargestellt wird, erhalten würde, wenn jene Unvollkommenheiten nicht stattfänden. Dieses Glied ist schon in §. 23 berechnet, wo folgender Ausdruck gefunden wurde:

$$\frac{1}{A}\left[m_1 r_1 + Mc(T_1 - T_0) - T_0\left(\frac{m_1 r_1}{T_1} + Mc \log \frac{T_1}{T_0}\right)\right].$$

Das zweite Glied bedeutet den Arbeitsverlust, welcher durch jene beiden Unvollkommenheiten veranlafst wird. Die darin vorkommende Gröfse N ist ebenfalls schon berechnet, nämlich in §. 36, und ist durch den in der Gleichung (38) angeführten Ausdruck dargestellt.

Setzt man diese beiden Ausdrücke in die vorige Gleichung ein, so kommt:

$$(44)\quad W' = \frac{1}{A}\Big[m_1 r_1 - \frac{T_0}{T_1} m_2 r_2 + Mc(T_1 - T_0) \\ - (M+\mu) c T_0 \log \frac{T_2}{T_0} + \mu_0 r_0\Big].$$

Dafs diese Gleichung in der That mit den Gleichungen (XIV) übereinstimmt, sieht man leicht, wenn man in die erste derselben für die Masse m_3 die Masse m_2 einführt, was mittelst der dritten Gleichung geschehen kann, und dann noch $T_3 = T_0 = T'_0 = T''_0$ setzt.

Auf dieselbe Weise kann man auch den durch die unvollständige Expansion entstandenen Arbeitsverlust in Abzug bringen, indem man die beim Ueberströmen des Dampfes aus dem Cylinder in den Condensator entstehende uncompensirte Verwandlung berechnet, und diese in N mit einbegreift. Durch diese Rechnung, welche ich hier nicht wirklich ausführen will, gelangt man ganz zu dem in (XIV) gegebenen Ausdrucke der Arbeit.

40. Um nun die Gleichungen (XIV) zu einer numerischen Rechnung anwenden zu können, ist es zunächst nöthig, die Gröfsen p'_1, p'_0 und p''_0 näher zu bestimmen.

Ueber die Art, wie sich der Druck im Cylinder während des Einströmens ändert, läfst sich kein allgemein gültiges Gesetz aufstellen, weil die Oeffnung und Schliefsung

des Zuströmungskanales bei verschiedenen Maschinen in zu verschiedenen Weisen geschieht. Demnach läfst sich auch für das Verhältnifs zwischen dem mittleren Drucke p'_1 und dem Enddrucke p_2, bei ganz strenger Auffassung des letzteren, nicht ein bestimmter, ein für allemal geltender Werth angeben. Dagegen wird dieses möglich, wenn man mit der Bedeutung von p_2 eine geringe Aenderung vernimmt.

Der Abschlufs des Cylinders vom Kessel kann natürlich nicht momentan geschehen, sondern die dazu nöthige Bewegung des Ventiles oder Schiebers erfordert je nach den verschiedenen Steuerungseinrichtungen eine gröfsere oder kleinere Zeit, während welcher der im Cylinder befindliche Dampf sich etwas ausdehnt, weil wegen der Verengung der Oeffnung weniger neuer Dampf zuströmen kann, als der Stempelgeschwindigkeit entspricht. Man kann daher im Allgemeinen annehmen, dafs zu Ende dieser Zeit der Druck schon etwas kleiner ist, als der mit p'_1 bezeichnete mittlere Druck.

Wenn man sich aber nicht daran bindet, gerade das *Ende* der zum Schliefsen nöthigen Zeit als den Moment des Abschlusses in Rechnung zu bringen, sondern sich in der Feststellung dieses Momentes einige Freiheit verstattet, so kann man dadurch auch für p_2 andere Werthe erhalten. Man kann sich dann den Zeitpunkt so gewählt denken, dafs, wenn bis dahin schon die ganze Masse M eingeströmt wäre, dann in diesem Augenblicke ein Druck stattfinden würde, welcher dem bis zu diesem Augenblicke gerechneten mittleren Drucke gerade gleich wäre. Indem man den auf diese Weise näher bestimmten momentanen Abschlufs an die Stelle des in der Wirklichkeit stattfindenden allmählichen Abschlusses setzt, begeht man in Bezug auf die daraus berechnete Arbeit nur einen unbedeutenden Fehler. Man kann sich daher mit dieser Modification der Pambour'schen Annahme anschliefsen, dafs $p'_1 = p_2$ sey, wobei es dann aber noch für jeden einzelnen Fall einer besonderen Betrachtung vorbehalten bleibt, unter Berücksich-

tigung der obwaltenden Umstände den Zeitpunkt des Abschlusses richtig zu bestimmen.

41. Was ferner den beim Rückgange des Stempels stattfindenden Gegendruck p'_0 betrifft, so ist die Differenz $p'_0 - p_0$ unter sonst gleichen Umständen offenbar um so kleiner, je kleiner p_0 ist. Sie wird daher bei Maschinen mit Condensator kleiner seyn, als bei Maschinen ohne Condensator, bei denen p_0 gleich einer Atmosphäre ist. Bei den wichtigsten Maschinen ohne Condensator, den Locomotiven, kommt gewöhnlich noch ein besonderer Umstand hinzu, welcher dazu beiträgt, die Differenz zu vergröſsern, nämlich der, daſs man dem Dampfe nicht einen möglichst kurzen und weiten Kanal zum Abfluſs in die Atmosphäre darbietet, sondern ihn in den Schornstein leitet und dort durch ein etwas verengtes Blaserohr ausströmen läſst, um auf diese Weise einen künstlichen Luftzug zu erzeugen.

In diesem Falle ist eine genaue Bestimmung der Differenz für die Zuverlässigkeit des Resultates von Bedeutung. Man muſs dabei auch berücksichtigen, daſs die Differenz bei einer und derselben Maschine nicht constant, sondern von der Ganggeschwindigkeit abhängig ist, und muſs das Gesetz, nach welchem diese Abhängigkeit stattfindet, feststellen. Auf diese Betrachtungen und die Untersuchungen, welche über diesen Gegenstand schon angestellt sind, will ich aber hier nicht eingehen, weil sie nichts mit der mechanischen Wärmetheorie zu thun haben.

Bei Maschinen, in denen jene Anwendung des aus dem Cylinder austretenden Dampfes nicht vorkommt, und besonders bei den Maschinen mit Condensator ist p'_0 so wenig von p_0 verschieden, und kann sich daher auch mit der Ganggeschwindigkeit nur so wenig ändern, daſs es für die meisten Untersuchungen genügt, einen mittleren Werth für p'_0 anzunehmen.

Da ferner die Gröſse p_0 in den Gleichungen (XIV) nur in einem mit dem Factor σ behafteten Gliede vorkommt, und daher auf den Werth der Arbeit einen sehr geringen Einfluſs hat, so kann man ohne Bedenken auch

für p_0 den Werth setzen, welcher für p'_0 der wahrscheinlichste ist.

Der im schädlichen Raume stattfindende Druck p''_0 hängt, wie schon erwähnt, davon ab, ob der Abschlufs vom Condensator vor oder nach dem Ende der Stempelbewegung eintritt, und kann dadurch sehr verschieden ausfallen. Aber auch dieser Druck und die davon abhängigen Gröfsen kommen in den Gleichungen (XIV) nur in solchen Gliedern vor, welche mit kleinen Factoren behaftet sind, nämlich mit μ und μ_0, so dafs man von einer genauen Bestimmung dieses Druckes absehen, und sich mit einer ungefähren Schätzung begnügen kann. In solchen Fällen, wo nicht besondere Umstände dafür sprechen, dafs p''_0 bedeutend von p'_0 abweicht, kann man diesen Unterschied, ebenso wie den zwischen p_0 und p'_0, vernachlässigen, und den Werth, welcher den mittleren Gegendruck im Cylinder mit der gröfsten Wahrscheinlichkeit darstellt, als gemeinsamen Werth für alle drei Gröfsen annehmen. Dieser Werth möge dann einfach mit p_0 bezeichnet werden.

Durch Einführung dieser Vereinfachungen gehen die Gleichungen (XIV) über in:

$$(\mathrm{XV})\quad\begin{cases} W'=\frac{1}{A}\Big[m_1 r_1 - m_3 r_3 + Mc(T_1-T_3) \\ \qquad\qquad + \mu_0 r_0 - \mu c(T_3-T_0)\Big] + m_3 u_3(p_3-p_0) \\ m_2 r_2 = m_1 r_1 + Mc(T_1-T_2) + \mu_0 r_0 - \mu c(T_2-T_0) \\ \qquad\qquad + A\mu_0 u_0(p_2-p_0) + AM\sigma(p_1-p_2) \\ \frac{m_3 r_3}{T_3} = \frac{m_2 r_2}{T_2} + (M+\mu)c\log\frac{T_2}{T_3}. \end{cases}$$

42. In diesen Gleichungen ist vorausgesetzt, dafs aufser den Massen M, m_1, μ und m_0, von denen die beiden ersten durch directe Beobachtung bekannt seyn müssen, und die beiden letzten aus der Gröfse des schädlichen Raumes angenähert bestimmt werden können, auch noch die vier Druckkräfte p_1, p_2, p_3 und p_0, oder, was dasselbe ist, die vier Temperaturen T_1, T_2, T_3 und T_0 gegeben seyen. Diese Bedingung ist aber in den in der

Praxis vorkommenden Fällen nur theilweise erfüllt, und man mufs daher andere Data für die Rechnung zu Hülfe nehmen.

Von jenen vier Druckkräften sind nur zwei als bekannt vorauszusetzen, nämlich p_1 und p_0, deren erstere durch das Kesselmanometer unmittelbar angegeben wird, und letztere aus der Angabe des Condensatormanometers wenigstens angenähert geschlossen werden kann. Die beiden anderen p_2 und p_3 sind nicht gegeben, aber dafür kennt man die Dimensionen des Cylinders, und weifs, bei welcher Stellung des Stempels der Abschlufs vom Kessel erfolgt. Daraus kann man die Volumina, welche der Dampf im Cylinder im Momente des Abschlusses und zu Ende der Expansion einnimmt, ableiten, und diese beiden Volumina können daher als Data an die Stelle der Druckkräfte p_2 und p_3 treten.

Es kommt nun darauf an, die Gleichungen in solche Form zu bringen, dafs man mittelst dieser Data die Rechnung ausführen kann.

43. Es sey wieder, wie bei der Auseinandersetzung der Pambour'schen Theorie, der ganze Raum, welcher während eines Hubes im Cylinder frei wird, mit Einschlufs des schädlichen Raumes, mit v', der bis zum Abschlufs vom Kessel frei werdende Raum mit ev' und der schädliche Raum mit $\varepsilon v'$ bezeichnet. Dann hat man nach dem, was früher gesagt ist, die Gleichungen:

$$m_2 u_2 + (M + \mu)\sigma = ev'$$
$$m_3 u_3 + (M + \mu)\sigma = v'$$
$$\mu_0 u_0 + \mu\sigma = \varepsilon v'.$$

Die Gröfsen μ und σ sind beide so klein, dafs man ihr Product ohne Weiteres vernachlässigen kann, wodurch kommt:

$$(45)\quad \begin{cases} m_2 u_2 = ev' - M\sigma \\ m_3 u_3 = v' - M\sigma \\ \mu_0 = \dfrac{\varepsilon v'}{u_0}. \end{cases}$$

Ferner ist nach Gleichung (VI), wenn wir für den darin enthaltenen Differentialcoëfficienten $\frac{dp}{dT}$, welcher im Folgenden so oft vorkommen wird, dafs eine einfachere Bezeichnung zweckmäfsig ist, den Buchstaben g einführen:

$$r = A T u g.$$

Hiernach kann man in den obigen Gleichungssystemen die Gröfsen r_2 und r_3 durch u_2 und u_3 ersetzen. Dann kommen die Massen m_2 und m_3 nur noch in den Producten $m_2 u_2$ und $m_3 u_3$ vor, und für diese kann man die in den beiden ersten der Gleichungen (45) gegebenen Werthe einsetzen.

Ebenso kann man mittelst der letzten dieser Gleichungen zunächst die Masse μ_0 eliminiren, und was die andere Masse μ anbetrifft, so kann diese zwar etwas gröfser als μ_0 seyn, da aber die Glieder, welche μ als Factor enthalten, überhaupt sehr unbedeutend sind, so kann man unbedenklich auch für μ denselben Werth einsetzen, welcher für μ_0 gefunden ist, d. h. man kann jene der Allgemeinheit wegen gemachte Annahme, dafs die ursprünglich im schädlichen Raume befindliche Masse theils flüssig theils dampfförmig war, für die numerische Rechnung fallen lassen, und jene Masse als ganz dampfförmig voraussetzen.

Die eben angedeuteten Substitutionen können sowohl in den allgemeineren Gleichungen (XIV) als auch in den vereinfachten Gleichungen (XV) geschehen. Da indessen die Ausführung gar keine Schwierigkeit hat, so wollen wir uns hier auf die letzteren beschränken, um die Gleichungen sofort in einer für die numerische Berechnung geeigneten Form zu erhalten.

Sie lauten nach dieser Aenderung folgendermafsen:

$$
\text{(XVI)}\quad\left\{
\begin{aligned}
W' &= \frac{m_1 r_1 + Mc(T_1 - T_3)}{A} - (v' - M\sigma)(T_3 g_3 - p_3 + p_0) \\
&\qquad + \varepsilon v' \frac{r_0 - c(T_3 - T_0)}{A u_0} \\
(\varepsilon v' - M\sigma) T_2 g_2 &= \frac{m_1 r_1 + Mc(T_1 - T_2)}{A} \\
&\quad + \varepsilon v' \left(\frac{r_0 - c(T_2 - T_0)}{A u_0} + p_2 - p_0\right) + M\sigma(p_1 - p_2) \\
(v' - M\sigma) g_3 &= (\varepsilon v' - M\sigma) g_2 + \left(M + \frac{\varepsilon v'}{u_0}\right) \frac{c}{A} \log \frac{T_2}{T_3}.
\end{aligned}
\right.
$$

44. Um diese Gleichungen, welche die Arbeit eines Hubes oder der Dampfmenge m_1 bestimmen, endlich noch auf die Gewichtseinheit Dampf zu beziehen, ist dasselbe Verfahren anzuwenden, mittelst dessen früher die Gleichungen (35) in (XII) verwandelt wurden. Wir dividiren nämlich die drei Gleichungen durch m_1 und setzen dann:

$$
\frac{M}{m_1} = l, \quad \frac{v'}{m_1} = V \quad \text{und} \quad \frac{W'}{m_1} = W.
$$

Dadurch gehen die Gleichungen über in:

$$
\text{(XVII)}\quad\left\{
\begin{aligned}
W &= \frac{r_1 + lc(T_1 - T_3)}{A} - (V - l\sigma)(T_3 g_3 - p_3 + p_0) \\
&\qquad + \varepsilon V \frac{r_0 - c(T_3 - T_0)}{A u_0} \\
(\varepsilon V - l\sigma) T_2 g_2 &= \frac{r_1 + lc(T_1 - T_2)}{A} \\
&\quad + \varepsilon V \left(\frac{r_0 - c(T_2 - T_0)}{A u_0} + p_2 - p_0\right) + l\sigma(p_1 - p_2) \\
(V - l\sigma) g_3 &= (\varepsilon V - l\sigma) g_2 + \left(l + \frac{\varepsilon V}{u_0}\right) \frac{c}{A} \log \frac{T_2}{T_3}.
\end{aligned}
\right.
$$

45. Die Anwendung dieser Gleichungen zur Berechnung der Arbeit kann in folgender Weise geschehen. Aus der als bekannt vorausgesetzten Verdampfungsstärke und aus der Ganggeschwindigkeit, welche die Maschine dabei annimmt, bestimmt man das Volumen V, welches auf eine Gewichtseinhe[illegible]mmt. Mit Hülfe dieses Werthes berechnet man [illegible]er zweiten Gleichung die Temperatur T_2, so[illegible]itten die Temperatur T_3, und

diese endlich wendet man in der ersten Gleichung zur Bestimmung der Arbeit an.

Dabei stöfst man aber noch auf eine eigenthümliche Schwierigkeit. Um aus den beiden letzten Gleichungen die Temperaturen T_2 und T_3 zu berechnen, müfsten dieselben eigentlich nach den Temperaturen aufgelöst werden. Sie enthalten aber diese Temperaturen nicht nur explicite, sondern auch implicite, indem p und g Functionen der Temperatur sind. Wollte man zur Elimination dieser Gröfsen eine der gebräuchlichen empirischen Formeln, welche den Dampfdruck als Function der Temperatur darstellen, für p, und ihren Differentialcoëfficienten für g einsetzen, so würden die Gleichungen für die weitere Behandlung zu complicirt werden. Man könnte sich nun vielleicht in ähnlicher Weise wie Pambour dadurch helfen, dafs man neue empirische Formeln aufstellte, welche für den vorliegenden Zweck bequemer, und wenn auch nicht für alle Temperaturen, so doch innerhalb gewisser Intervalle hinlänglich genau wären. Auf solche Versuche will ich jedoch hier nicht eingehen, sondern statt dessen auf ein anderes Verfahren aufmerksam machen, bei welchem die Rechnung zwar etwas weitläufig, aber in ihren einzelnen Theilen leicht ausführbar ist.

46. Wenn die Spannungsreihe des Dampfes für irgend eine Flüssigkeit mit hinlänglicher Genauigkeit bekannt ist, so kann man daraus auch die Werthe der Gröfsen g und $T.g$ für verschiedene Temperaturen berechnen, und ebenso, wie es mit den Werthen von p zu geschehen pflegt, in Tabellen vereinigen.

Für den Wasserdampf, welcher bis jetzt bei den Dampfmaschinen fast allein angewandt wird, und für das Temperaturintervall, innerhalb dessen die Anwendung stattfindet, nämlich von 40° bis 200° C. habe ich eine solche Rechnung mit Hülfe der Regnault'schen Spannungsreihe ausgeführt.

Ich hätte dabei eigentlich die Formeln, welche Regnault zur Berechnung der einzelnen Werthe von p unter und über

100° benutzt hat, nach t differentiiren, und mittelst der dadurch erhaltenen neuen Formeln g berechnen müssen. Da aber jene Formeln doch nicht so vollkommen ihrem Zwecke entsprechen, dafs mir diese mühsame Arbeit lohnend schien, und die Aufstellung und Berechnung einer anderen geeigneteren Formel noch weitläufiger gewesen wäre, so habe ich mich damit begnügt, die schon für den Druck berechneten Zahlen auch zu einer angenäherten Bestimmung des Differentialcoëfficienten des Druckes zu benutzen. Sey z. B. der Druck für die Temperaturen 146° und 148° mit p_{146} und p_{148} bezeichnet, so habe ich angenommen, dafs die Gröfse

$$\frac{p_{148} - p_{146}}{2}$$

den für die mittlere Temperatur 147° geltenden Werth des Differentialcoëfficienten hinlänglich genau darstelle.

Dabei habe ich über 100° die von Regnault selbst angeführten Zahlen benutzt [1]. In Bezug auf die Werthe unter 100° hat in neuerer Zeit Moritz [2]) darauf aufmerksam gemacht, dafs die Formel, welche Regnault zwischen 0° und 100° angewandt hat, dadurch, dafs er sich zur Berechnung der Constanten siebenstelliger Logarithmen bedient hat, etwas ungenau geworden ist, besonders in der Nähe von 100°. Moritz hat daher jene Constanten unter Zugrundelegung derselben Beobachtungswerthe mit zehnstelligen Logarithmen berechnet, und die aus dieser verbesserten Formel abgeleiteten Werthe von p, soweit sie von den Regnault'schen abweichen, was erst über 40° eintritt, mitgetheilt. Diese Werthe habe ich benutzt.

Nachdem die Gröfse g für die einzelnen Temperaturgrade berechnet ist, hat auch die Berechnung des Productes $T.g$ keine Schwierigkeit mehr, da T durch die einfache Gleichung

$$T = 273 + t$$

bestimmt ist.

1) *Mém. de l'Acad. des Sciences T. XXI, p.* 625.

2) *Bulletin de la Classe physico-mathématique de l'Acad. de St. Pétersbourg T. XIII, p.* 41.

Die so gefundenen Werthe von g und $T.g$ habe ich in einer am Ende dieser Abhandlung mitgetheilte Tabelle zusammengestellt. Der Vollständigkeit wegen habe ich auch die dazugehörigen Werthe von p hinzugefügt, und zwar über 100° die von Regnault, unter 100° die von Moritz berechneten. Bei jeder dieser drei Zahlenreihen sind die Differenzen je zweier aufeinander folgender Zahlen mit angeführt, so dafs man aus dieser Tabelle für jede gegebene Temperatur die Werthe jener drei Gröfsen, und umgekehrt für jeden gegebenen Werth einer jener drei Gröfsen die entsprechende Temperatur finden kann.

Nach dem, was vorher über die Berechnung von g gesagt ist, brauche ich wohl kaum hinzuzufügen, dafs ich die Zahlen dieser Tabelle nicht als genau betrachte, sondern sie nur in Ermangelung besserer mittheile. Da jedoch die bei der Dampfmaschine vorkommenden Rechnungen immer auf ziemlich unsicheren Daten beruhen, so kann man hierzu die Zahlen unbedenklich anwenden, ohne fürchten zu müssen, dafs dadurch die Unsicherheit des Resultates erheblich vermehrt werde.

Ueber die Art der Anwendung ist jedoch noch eine Bemerkung nöthig. In den Gleichungen (XVII) ist vorausgesetzt, dafs der Druck p und sein Differentialcoëfficient g in Kilogrammen auf ein Quadratmeter ausgedrückt seyen; in den Tabellen dagegen ist dieselbe Druckeinheit beibehalten, auf welche sich die Regnault'sche Spannungsreihe bezieht, nämlich Millimeter Quecksilber. Um dessenungeachtet die Tabelle anwenden zu können, braucht man nur in jenen Gleichungen alle Glieder, welche nicht entweder p oder g als Factor enthalten, durch die Zahl 13,596 zu dividiren. Ich werde diese Zahl, welche nichts weiter ist, als das specifische Gewicht des Quecksilbers von 0° verglichen mit Wasser vom Maximum der Dichte, der Kürze wegen mit k bezeichnen.

Diese Aenderung der Formeln hat übrigens fast gar keine Vermehrung der Rechnungen zur Folge, indem sie

darauf hinauskommt, dafs statt des constanten Factors $\frac{1}{A}$, welcher nach Joule den schon früher angeführten Werth 423,55 hat, überall die andere Constante

$$(46)\quad \frac{1}{Ak}=\frac{423{,}55}{13{,}596}=31{,}1525$$

zu setzen ist, und aufserdem statt der Arbeit W zunächst die Gröfse $\frac{W}{k}$ gefunden wird, welche dann noch mit k multiplicirt werden mufs.

47. Kehren wir nun zu den Gleichungen (XVII) zurück, und betrachten zuerst die zweite derselben.

Diese Gleichung läfst sich in folgender Form schreiben:

$$(47)\quad T_2 g_2 = C + a(t_1 - t_2) - b(p_1 - p_2),$$

worin die Gröfsen C, a und b von t_2 unabhängig sind, nämlich:

$$(47_a)\quad \begin{cases} C=\dfrac{1}{eV-l\sigma}\left[\dfrac{r_1}{Ak}+\varepsilon V\left(\dfrac{r_0-c(T_1-T_0)}{Aku_0}+p_1-p_0\right)\right] \\ a=\dfrac{c\left(l+\dfrac{\varepsilon V}{u_0}\right)}{Ak(eV-l\sigma)} \\ b=\dfrac{\varepsilon V-l\sigma}{eV-l\sigma}. \end{cases}$$

Von den drei auf der rechten Seite von (47) stehenden Gliedern ist das erste bei Weitem überwiegend, und dadurch wird es möglich das Product $T_2 g_2$ und damit zugleich auch die Temperatur t_2 durch successive Näherung zu bestimmen.

Um den ersten Näherungswerth des Productes, welcher $T'g'$ heifsen möge, zu erhalten, setze man auf der rechten Seite t_1 an die Stelle von t_2 und entsprechend p_1 statt p_2, dann kommt:

$$(48)\quad T'g' = C.$$

Die zu diesem Werthe des Productes gehörige Temperatur t' schlage man in der Tabelle auf. Um nun den zweiten Näherungswerth des Productes zu bekommen, setze man den eben gefundenen Werth t' und den entsprechenden

Werth p' des Druckes auf der rechten Seite von (47) für t_2 und p_2, wodurch man unter Berücksichtigung der vorigen Gleichung erhält:

$$(48_a) \quad T''g'' = T'g' + a(t_1 - t') - b(p_1 - p').$$

Die zu diesem Werthe des Productes gehörige Temperatur t'' ergiebt sich wie vorher aus der Tabelle. Stellt diese die gesuchte Temperatur t_2 noch nicht genau genug dar, so wiederhole man dasselbe Verfahren. Man setze auf der rechten Seite von (47) t'' und p'' an die Stelle von t_2 und p_2, wodurch man unter Berücksichtigung der beiden vorigen Gleichungen erhält:

$$(48_b) \quad T'''g''' = T''g'' + a(t' - t'') - b(p' - p''),$$

und den neuen Temperaturwerth t''' in der Tabelle finden kann.

In dieser Weise könnte man beliebig lange fortfahren, aber schon der dritte Näherungswerth weicht nur noch etwa um $\frac{1}{100}$ Grad, und der vierte um weniger als $\frac{1}{1000}$ Grad von dem wahren Werthe der Temperatur t_2 ab.

48. Ganz ähnlich ist die Behandlung der dritten der Gleichungen (XVII). Dividirt man diese durch $V - l\sigma$, und führt der leichteren Rechnung wegen statt der durch das Zeichen log angedeuteten natürlichen Logarithmen Briggs'sche Logarithmen ein, welche durch das Zeichen Log angedeutet werden mögen, wobei man nur den Modulus M dieses Systems als Divisor hinzufügen mufs, so nimmt die Gleichung die Form

$$(49) \quad g_3 = C + a \operatorname{Log} \frac{T_2}{T_3}$$

an, worin C und a folgende von T_3 unabhängige Werthe haben.

$$(49_a) \quad \begin{cases} C = \dfrac{eV - l\sigma}{V - l\sigma} \cdot g_2 \\[2ex] a = \dfrac{c\left(l + \dfrac{\varepsilon V}{u_0}\right)}{M . A k (V - l\sigma)}. \end{cases}$$

In der Gleichung (49) ist wieder auf der rechten Seite das erste Glied überwiegend, so dafs man das Verfahren

der successiven Näherung anwenden kann. Man setze zunächst T_2 an die Stelle von T_3, dann erhält man als ersten Näherungswerth von g_3:

$$(50)\quad g' = C$$

und kann die dazu gehörige Temperatur t' in der Tabelle finden, und daraus leicht die absolute Temperatur T' bilden. Diese setze man nun in (49) für T_3 ein, dann kommt:

$$(50_a)\quad g'' = g' + a \operatorname{Log} \frac{T_2}{T'}$$

woraus sich T'' ergiebt. Ebenso erhält man weiter:

$$(50_b)\quad g''' = g'' + a \operatorname{Log} \frac{T'}{T''}$$

u. s. f.

49. Es bleibt nun, um zur numerischen Anwendung der Gleichungen (XVII) schreiten zu können, nur noch die Bestimmung der Gröfsen c und r übrig.

Die Gröfse c d. h. die specifische Wärme der Flüssigkeit ist in der bisherigen Entwickelung als constant behandelt. Das ist freilich nicht ganz richtig, da die specifische Wärme mit wachsender Temperatur etwas zunimmt. Wenn man aber den Werth, welcher etwa für die Mitte des Intervalles, welches die in der Untersuchung vorkommenden Temperaturen umfafst, richtig ist, als gemeinsamen Werth auswählt, so können die Abweichungen nicht bedeutend werden. Bei den durch Wasserdampf getriebenen Dampfmaschinen kann als solche mittlere Temperatur etwa 100° gelten, welche bei einer gewöhnlichen Hochdruckmaschine mit Condensator ungefähr gleich weit von der Kessel- und Condensatortemperatur entfernt ist. Wir wollen also beim Wasser den Werth anwenden, welcher nach Regnault die specifische Wärme bei 100° darstellt, indem wir setzen:

$$(51)\quad c = 1{,}0130.$$

Zur Bestimmung der Gröfse r gehen wir von der Gleichung aus, welche Regnault für die ganze Wärmemenge, welche dazu nöthig ist, um eine Gewichtseinheit Wasser von 0° bis zur Temperatur t zu erwärmen und bei die-

ser Temperatur in Dampf zu verwandeln, aufgestellt hat, nämlich:

$$\lambda = 606{,}5 + 0{,}305 \,.\, t.$$

Setzt man hierin für λ die der vorigen Definition entsprechende Summe $\int_0^t c\,dt + r$, so kommt:

$$r = 606{,}5 + 0{,}305 \,.\, t - \int_0^t c\,dt.$$

In dem Integrale mufs man, um genau die Werthe von r zu erhalten, welche Regnault angiebt, für c die von Regnault näher bestimmte Temperaturfunction anwenden. Ich glaube aber, dafs es für den vorliegenden Zweck genügt, wenn wir auch hierbei für c die vorher angeführte Constante in Anwendung bringen. Dadurch erhalten wir:

$$\int_0^t c\,dt = 1{,}013 \,.\, t$$

und können nun die beiden von t abhängigen Glieder der vorigen Gleichung in Eines zusammenziehen, welches $-0{,}708 \,.\, t$ lautet.

Zugleich müssen wir nun auch das constante Glied der Gleichung etwas ändern, und wir wollen es so bestimmen, dafs derjenige Beobachtungswerth von r, welcher wahrscheinlich unter allen der genauste ist, auch durch die Formel richtig dargestellt wird. Bei 100° hat Regnault für die Gröfse λ als Mittel aus 38 Beobachtungszahlen den Werth 636,67 gefunden. Ziehen wir hiervon die Wärmemenge ab, welche zur Erwärmung der Gewichtseinheit Wasser von 0° bis 100° erforderlich ist, und welche nach Regnault 100,5 Wärmeeinheiten beträgt, so bleibt, wenn wir uns mit Einer Decimale begnügen,

$$r_{100} = 536{,}2 \text{ [1]}.$$

1) Regnault selbst führt in seiner Tabelle nicht genau die obige Zahl, sondern 536,5 an; das liegt aber nur daran, dafs er für λ bei 100° in der Rechnung statt des vorher erwähnten Werthes 636,67 in runder Zahl 637 gesetzt hat.

Unter Anwendung dieses Werthes erhält man für r die Formel:

$$(52) \quad r = 607 - 0{,}708 . t.$$

Eine Vergleichung einiger hieraus berechneter Werthe mit den von Regnault in seiner Tabelle [1]) angeführten, wird zeigen, dafs diese vereinfachte Formel sich der vorher angedeuteten strengeren Berechnungsart hinlänglich genau anschliefst:

t	0	50°	100°	150°	200°
r nach Gl. (52)	607,0	571,6	536,2	500,8	465,4
r nach Regnault	606,5	571,6	536,5	500,7	464,3

50. Um die beiden verschiedenen Arten der Ausdehnung, auf welche sich die beiden letzten der Gleichungen (XVII) beziehen, in ihren Wirkungen unterscheiden zu können, scheint es mir zweckmäfsig, zunächst eine solche Dampfmaschine zu betrachten, in welcher nur eine derselben vorkommt. Wir wollen daher mit einer Maschine beginnen, welche *ohne Expansion* arbeitet.

In diesem Falle ist für die Gröfse e, welche das Verhältnifs der Volumina vor und nach der Expansion bezeichnet, der Werth 1 und zugleich $T_3 = T_2$ zu setzen, wodurch die Gleichungen (XVII) eine einfachere Gestalt annehmen.

Die letzte dieser Gleichungen wird identisch und fällt also fort. Ferner werden mehrere Glieder der ersten, welche sich von den entsprechenden Gliedern der zweiten nur dadurch unterscheiden, dafs die einen T_3 und die anderen T_2 enthalten, jetzt ihnen gleich, und lassen sich daher eliminiren. Dadurch erhält man, wenn man zugleich die oben erwähnte Gröfse k einführt:

$$(\text{XVIII}) \begin{cases} \dfrac{W}{k} = V(1-\varepsilon)(p_2 - p_0) - l\sigma(p_1 - p_0) \\ (V - l\sigma)T_2 g_2 = \dfrac{r_1 + lc(T_1 - T_2)}{Ak} \\ \quad + \varepsilon V\left(\dfrac{r_0 - c(T_2 - T_0)}{Aku_0} + p_2 - p_0\right) + l\sigma(p_1 - p_2). \end{cases}$$

1) *Mém. de l'Acad. des Sciences T. XXI, p.* 748.

Die erste dieser beiden Gleichungen ist genau dieselbe, welche man auch nach der Pambour'schen Theorie erhält, wenn man in (XII) $e = 1$ setzt, und statt der Gröfse B das Volumen V einführt. Der Unterschied liegt also nur in der zweiten Gleichung, welche an die Stelle der von Pambour angenommenen einfachen Beziehung zwischen Volumen und Druck getreten ist.

51. Die in diesen Gleichungen vorkommende Gröfse ε, welche den schädlichen Raum als Bruchtheil des ganzen für den Dampf frei werdenden Raumes darstellt, sey zu 0,05 angenommen. Die Menge der tropfbaren Flüssigkeit, welche der Dampf beim Eintritt in den Cylinder mit sich führt, ist bei verschiedenen Maschinen verschieden. Pambour sagt, dafs sie bei Locomotiven durchschnittlich 0,25, bei stehenden Dampfmaschinen aber viel weniger, vielleicht 0,05 der ganzen in den Cylinder tretenden Masse betrage. Wir wollen für unser Beispiel die letztere Angabe benutzen, wonach das Verhältnifs der ganzen in den Cylinder tretenden Masse zu dem dampfförmigen Theile derselben 1 : 0,95 ist. Ferner sey der Druck im Kessel zu 5 Atmosphären angenommen, wozu die Temperatur 152°,22 gehört, und vorausgesetzt, dafs die Maschine keinen Condensator, oder, was dasselbe ist, einen Condensator mit dem Drucke von 1 Atmosphäre habe. Der mittlere Gegendruck im Cylinder ist dann gröfser als 1 Atmosphäre. Bei Locomotiven kann dieser Unterschied, wie oben erwähnt, durch einen besonderen Umstand beträchtlich werden, bei stehenden Dampfmaschinen dagegen ist er geringer. Pambour hat in seinen numerischen Rechnungen für stehende Maschinen ohne Condensator diesen Unterschied ganz vernachlässigt, und da es sich hier nur um ein Beispiel zur Vergleichung der neuen Formeln mit den Pambour'schen handelt, so wollen wir uns auch hierin ihm anschliefsen und $p_0 = 1$ Atmosphäre setzen.

Es kommen also in die Gleichungen (XVIII) für dieses Beispiel folgende Werthe zur Anwendung:

$$(53)\quad \begin{cases} \varepsilon = 0{,}05 \\ l = \frac{1}{0{,}95} = 1{,}053 \\ p_1 = 3800 \\ p_0 = 760. \end{cases}$$

Nehmen wir hierzu noch die ein für allemal feststehenden Werthe:

$$k = 13{,}596$$
$$\sigma = 0{,}001,$$

so bleiben in der ersten der Gleichungen (XVIII) aufser der gesuchten Gröfse W nur noch die Gröfsen V und p_2 unbestimmt.

52. Wir müssen nun zuerst untersuchen, welches der *kleinstmögliche* Werth von V ist.

Dieser Werth entspricht dem Falle, wo im Cylinder derselbe Druck, wie im Kessel stattfindet, und wir brauchen daher nur in der letzten der Gleichungen (XVIII) p_1 an die Stelle von p_2 zu setzen. Dadurch kommt:

$$(54)\quad V = \frac{\frac{r_1}{Ak} + l\sigma . T_1 g_1}{T_1 g_1 - \varepsilon\left(\frac{r_0 - c(T_1 - T_0)}{Aku_0} + p_1 - p_0\right)}.$$

Um hierbei gleich von dem Einflusse des schädlichen Raumes ein Beispiel zu geben, habe ich von diesem Ausdrucke zwei Werthe berechnet, den, welcher entstehen würde, wenn kein schädlicher Raum vorhanden, und also $\varepsilon = 0$ wäre, und den, welcher unter der von uns gemachten Voraussetzung, dafs $\varepsilon = 0{,}05$ ist, entstehen mufs. Diese beiden Werthe sind für 1 Kilogrm. aus dem Kessel tretenden Dampfes als Bruchtheil eines Cubikmeter ausgedrückt:

0,3637 und 0,3690.

Dafs der letzte dieser Werthe gröfser ist, als der erste, kommt daher, dafs erstens der Dampf in den schädlichen Raum mit grofser Geschwindigkeit eindringt, die lebendige Kraft dieser Bewegung sich dann in Wärme verwandelt, und diese wiederum einen Theil der mitgerissenen Flüssig-

keit verdampfen läfst, und dafs zweitens der schon vor dem Einströmen im schädlichen Raume befindliche Dampf ebenfalls dazu beiträgt, die ganze nachher vorhandene Dampfmenge zu vermehren.

Setzt man die beiden für V gefundenen Werthe in die erste der Gleichungen (XVIII) ein, wobei wieder ε das eine Mal $= 0$ und das andere Mal $= 0{,}05$ gesetzt wird, so erhielt man als entsprechende Arbeitsgröfsen in Kilogramm-Meter ausgedrückt:

14990 und 14450.

Nach der Pambour'schen Theorie macht es in Bezug auf das Volumen keinen Unterschied, ob ein Theil desselben schädlicher Raum ist, oder nicht, es wird in beiden Fällen durch dieselbe Gleichung (29_b) bestimmt, wenn man darin für p den besonderen Werth p_1 setzt. Dadurch erhält man:

0,3883.

Dafs dieser Werth gröfser ist, als der vorher für dieselbe Dampfmenge gefundene 0,3637, erklärt sich daraus, dafs man überhaupt bisher das Volumen des Dampfes im Maximum der Dichte für gröfser gehalten hat, als es der mechanischen Wärmetheorie nach seyn kann, und diese frühere Ansicht auch in der Gleichung (29_b) ihren Ausdruck findet.

Bestimmt man mittelst dieses Volumens die Arbeit unter den beiden Voraussetzungen, dafs $\varepsilon = 0$ oder $= 0{,}05$ sey, so kommt:

16000 und 15200.

Diese Arbeitsgröfsen sind, wie es auch als unmittelbare Folge des gröfseren Volumens vorauszusehen war, beide gröfser, als die vorher gefundenen, aber nicht in gleichem Verhältnisse, indem der durch den schädlichen Raum veranlafste Arbeitsverlust nach den von uns entwickelten Gleichungen geringer ist, als er nach der Pambour'schen Theorie seyn müfste.

53. Bei einer Maschine der hier betrachteten Art, welche Pambour in ihrer Wirksamkeit untersuchte, ver-

hielt sich die Geschwindigkeit, welche die Maschine wirklich annahm, zu derjenigen, welche sich für dieselbe Verdampfungsstärke und denselben Druck im Kessel aus seiner Theorie als Minimum der Geschwindigkeit berechnen läfst, bei einem Versuche wie 1,275 : 1 und bei einem anderen unter geringerer Belastung wie 1,70 : 1. Diesen Geschwindigkeiten würden für unseren Fall die Volumina 0,495 und 0,660 entsprechen. Wir wollen nun als ein Beispiel zur Bestimmung der Arbeit eine Geschwindigkeit wählen, welche zwischen diesen beiden liegt, indem wir in runder Zahl setzen:

$$V = 0{,}6.$$

Es kommt nun zunächst darauf an, für diesen Werth von V die Temperatur t_2 zu finden. Dazu dient die Gleichung (47), welche folgende specielle Form annimmt:

$$(55)\quad T_2 g_2 = 26577 + 56{,}42.(t_1 - t_2) - 0{,}0483.(p_1 - p_2).$$

Führt man mittelst dieser Gleichung die in §. 47 beschriebene successive Bestimmung von t_2 aus, so erhält man der Reihe nach folgende Näherungswerthe:

$$t' = 133^{\circ}{,}01$$
$$t'' = 134\ {,}43$$
$$t''' = 134\ {,}32$$
$$t'''' = 133\ {,}33.$$

Noch weitere Näherungswerthe würden sich nur noch in höheren Decimalen unterscheiden, und wir haben also, sofern wir uns mit zwei Decimalen begnügen wollen, die letzte Zahl als den wahren Werth von t_2 zu betrachten. Der dazu gehörige Druck ist:

$$p_2 = 2308{,}30.$$

Wendet man diese Werthe von V und p_2 zugleich mit den übrigen in §. 51 näher festgestellten Werthen auf die erste der Gleichungen (XVIII) an, so erhält man:

$$W = 11960.$$

Die Pambour'sch[illegible] (XII) giebt für dasselbe Volumen 0,6 die Ar[illegible]

[illegible]20.

54. Um die Abhängigkeit der Arbeit vom Volumen, und zugleich den Unterschied, welcher in dieser Beziehung zwischen Pambour's und meiner Theorie herrscht, noch deutlicher erkennen zu lassen, habe ich dieselbe Rechnung wie für das Volumen 0,6 auch für eine Reihe anderer in gleichen Abständen wachsender Volumina ausgeführt. Die Resultate sind in nachstehender Tabelle zusammengefafst. Die erste horizontale Zahlenreihe, welche durch einen Strich von den anderen getrennt ist, enthält die für eine Maschine ohne schädlichen Raum gefundenen Werthe. Im Uebrigen ist die Einrichtung der Tabelle leicht ersichtlich.

V	t_2	W	nach Pambour V	nach Pambour W
0,3637	152°,22	14990	0,3883	16000
0,3690	152°,22	14450	0,3883	15200
0,4	149 ,12	14100	0,4	15050
0,5	140 ,83	13020	0,5	13780
0,6	134 ,33	11960	0,6	12520
0,7	129 ,03	10910	0,7	11250
0,8	124 ,55	9880	0,8	9980
0,9	120 ,72	8860	0,9	8710
1	117 ,36	7840	1	7440

Man sieht, dafs die nach der Pambour'schen Theorie berechneten Arbeitsgröfsen mit wachsendem Volumen schneller abnehmen, als die nach unseren Gleichungen berechneten, so dafs sie, während sie anfangs beträchtlich gröfser sind, als diese, ihnen allmählich näher kommen, und zuletzt sogar kleiner werden. Dieses erklärt sich daraus, dafs nach der Pambour'schen Theorie bei der während des Einströmens stattfindenden Ausdehnung immer nur dieselbe Masse dampfförmig bleibt, welche es schon anfangs war; nach der unsrigen dagegen ein Theil der im flüssigen Zustande mitgerissenen Masse noch nachträglich verdampft, und zwar um so mehr, je gröfser die Ausdehnung ist.

55. Wir wollen nun in ähnlicher Weise eine Maschine betrachten, welche *mit Expansion* arbeitet, und zwar wollen wir dazu eine Maschine mit Condensator wählen.

In Bezug auf die Gröfse der Expansion wollen wir annehmen, dafs der Abschlufs vom Kessel erfolge, wenn der Stempel $\frac{1}{3}$ seines Weges zurückgelegt hat. Dann haben wir zur Bestimmung von e die Gleichung:

$$e - \varepsilon = \tfrac{1}{3}(1 - \varepsilon),$$

und daraus ergiebt sich, wenn wir für ε den Werth 0,05 beibehalten:

$$e = \frac{1,1}{3} = 0,3666\ldots$$

Der Druck im Kessel sey wie vorher zu 5 Atmosphären angenommen. Der Druck im Condensator kann bei guter Einrichtung unter $\frac{1}{10}$ Atm. erhalten werden. Da er aber nicht immer so klein ist, und aufserdem der Gegendruck im Cylinder den im Condensator stattfindenden Druck noch etwas übertrifft, so wollen wir für den mittleren Gegendruck p_0 in runder Zahl $\frac{1}{5}$ Atm. oder 152^{mm} annehmen, wozu die Temperatur $t_0 = 60^\circ,46$ gehört. Behalten wir endlich für l den vorher angenommenen Werth bei, so sind die in diesem Beispiele zur Anwendung kommenden Gröfsen folgende:

$$(56) \quad \begin{cases} e = 0,36667 \\ \varepsilon = 0,05 \\ l = 1,053 \\ p_1 = 3800 \\ p_0 = 152 \end{cases}$$

Es braucht nun, um die Arbeit berechnen zu können, nur noch der Werth von V gegeben zu werden. Um bei der Wahl desselben einen Anhalt zu haben, müssen wir zuerst den kleinstmöglichen Werth von V kennen. Dieser ergiebt sich ganz wie bei den Maschinen ohne Expansion dadurch, dafs man in der zweiten der Gleichungen (XVII) p_1 an die Stelle von p_2 setzt, und ebenso die übrigen mit p zusammenhängenden Gröfsen ändert. Man findet auf diese Weise für unseren Fall den Werth:

$$1,010.$$

Hiervon ausgehend wollen wir als erstes Beispiel anneh-

men, die wirkliche Ganggeschwindigkeit der Maschine übertreffe die kleinstmögliche etwa im Verhältnisse von 3 : 2, indem wir in runder Zahl

$$V = 1{,}5$$

setzen, und für diese Geschwindigkeit wollen wir die Arbeit bestimmen.

56. Zunächst müssen durch Einsetzung dieses Werthes von V in die beiden letzten der Gleichungen (XVII) die beiden Temperaturen t_2 und t_3 bestimmt werden. Die Bestimmung von t_2 ist schon bei der Maschine ohne Condensator etwas näher besprochen, und da sich der vorliegende Fall von jenem nur dadurch unterscheidet, dafs die Gröfse e, welche dort gleich 1 gesetzt war, hier einen anderen Werth hat, so will ich darauf nicht noch einmal eingehen, sondern nur das Endresultat anführen. Man findet nämlich:

$$t_2 = 137^\circ{,}43.$$

Die zur Bestimmung von t_3 dienende Gleichung (49) nimmt für diesen Fall folgende Gestalt an:

$$(57) \qquad g_3 = 26{,}604 + 51{,}515 \operatorname{Log} \frac{T_2}{T_3}.$$

Hieraus erhält man nach einander folgende Näherungswerthe:

$$\begin{aligned} t' &= 99^\circ{,}24 \\ t'' &= 101\,{,}93 \\ t''' &= 101\,{,}74 \\ t'''' &= 101\,{,}76. \end{aligned}$$

Den letzten dieser Werthe, von welchem die späteren nur noch in höheren Decimalen abweichen würden, betrachten wir als den richtigen Werth von t_3, und wenden ihn zusammen mit den bekannten Werthen von t_1 und t_0 auf die erste der Gleichungen (XVII) an. Dadurch kommt:

$$W = 31080.$$

Berechnet man unter Voraussetzung desselben Werthes von V die Abeit nach der Pambour'schen Gleichung (XII), wobei man aber die Werthe von B und b nicht, wie bei

der Maschine ohne Condensator, aus der Gleichung (29_b), sondern aus der für Maschinen mit Condensator bestimmten Gleichung (29_a) entnehmen mufs, so findet man:

$$W = 32640.$$

57. In derselben Weise, wie es für das Volumen 1,5 hier angedeutet ist, habe ich auch für die Volumina 1,2, 1,8 und 2,1 die Arbeit berechnet. Aufserdem habe ich, um den Einflufs, welchen die verschiedenen Unvollkommenheiten der Maschine auf die Gröfse der Arbeit ausüben, an einem Beispiele übersichtlich zusammenstellen zu können, noch folgende Fälle hinzugefügt.

1) Den Fall einer Maschine, welche keinen schädlichen Raum hat, und bei welcher aufserdem der Druck im Cylinder während des Einströmens gleich dem im Kessel ist, und die Expansion so weit getrieben wird, bis der Druck von seinem ursprünglichen Werthe p_1 bis p_0 abgenommen hat. Dieses ist, wenn wir nur noch annehmen, dafs p_0 genau den Druck im Condensator darstelle; der Fall, auf welchen sich die Gleichung (XI) bezieht, und welcher für eine gegebene Wärmemenge, wenn auch die Temperaturen der Wärmeaufnahme und Wärmeabgabe als gegeben betrachtet werden, die gröfstmögliche Arbeit liefert.

2) Den Fall einer Maschine, bei welcher wieder kein schädlicher Raum vorkommt, und der Druck im Cylinder gleich dem im Kessel ist, aber die Expansion nicht wie vorher vollständig, sondern nur im Verhältnisse von $e:1$ stattfindet. Dieses ist der Fall, auf welchen sich die Gleichung (X) bezieht, nur dafs dort, um die Gröfse der Expansion zu bestimmen, die durch die Expansion bewirkte Temperaturänderung des Dampfes als bekannt vorausgesetzt wurde, während hier die Expansion dem Volumen nach bestimmt ist, und die Temperaturänderung daraus erst berechnet werden mufs.

3) Den Fall einer Maschine mit schädlichem Raume und unvollständiger Expansion, bei welcher von den vorigen günstigen Bedingungen nur noch di[illegible]eht, dafs der Dampf im Cylinder während des [illegible]enselben

Druck ausübt, wie im Kessel, so dafs also das Volumen den kleinstmöglichen Werth hat.

An diesen Fall schliefsen sich endlich die schon erwähnten an, in welchen auch die letzte günstige Bedingung fortgefallen ist, indem das Volumen statt des kleinstmöglichen Werthes andere gegebene Werthe hat.

Alle diese Fälle sind zur Vergleichung auch nach der Pambour'schen Theorie berechnet, mit Ausnahme des ersten, für welchen die Gleichungen (29_a) und (29_b) nicht ausreichen, indem selbst diejenige unter ihnen, welche für geringeren Druck bestimmt ist, doch nur bis zu $\frac{1}{2}$ oder höchstens $\frac{1}{3}$ Atm. abwärts angewandt werden darf, während hier der Druck bis zu $\frac{1}{5}$ Atm. abnehmen soll.

Die für diesen ersten Fall aus unseren Gleichungen hervorgehenden Zahlen sind folgende:

Volumen vor der Expansion	Volumen nach der Expansion	W
0,3637	6,345	50460

Für alle übrigen Fälle sind die Resultate in der nachstehenden Tabelle zusammengefafst, wobei wieder die auf die Maschine ohne schädlichen Raum bezüglichen Zahlen von den anderen durch einen Strich getrennt sind. Für das Volumen sind nur die nach der Expansion gültigen Zahlen angeführt, weil die Werthe vor der Expansion sich daraus von selbst ergeben, indem sie in allen Fällen in dem Verhältnisse von $e:1$ kleiner sind.

				nach Pambour	
V	t_2	t_3	W	V	W
0,992	152°,22	113°,71	34300	1,032	36650
1,010	152°,22	113°,68	32430	1,032	34090
1,2	145 ,63	108 ,38	31870	1,2	33570
1,5	137 ,43	101 ,76	31080	1,5	32640
1,8	131 ,02	96 ,55	30280	1,8	31710
2,1	125 ,79	92 ,30	29490	2,1	30780

58. Die in dieser Tabelle angeführten Arbeitsgröfsen, ebenso wie diejenigen der früheren Tabelle für die Maschine ohne Condensator, beziehen sich auf ein Kilogramm aus dem Kessel tretenden Dampfes. Man kann aber hiernach die Arbeit auch leicht auf eine von der Wärmequelle gelieferte *Wärmeeinheit* beziehen, wenn man bedenkt, dafs für jedes Kilogramm Dampf soviel Wärme geliefert werden mufs, wie nöthig ist, um die Masse l, welche etwas gröfser als 1 Kilogrm. ist, von ihrer Anfangstemperatur, mit welcher sie in den Kessel tritt, bis zu der im Kessel selbst herrschenden Temperatur zu erwärmen, und bei dieser letzteren ein Kilogramm in Dampf zu verwandeln, welche Wärmemenge sich aus den bisherigen Daten berechnen läfst.

59. Zum Schlufs mufs ich noch einige Worte über die *Reibung* hinzufügen, wobei ich mich aber darauf beschränken will, mein Verfahren, dafs ich die Reibung in den bisher entwickelten Gleichungen ganz unberücksichtigt gelassen habe, zu rechtfertigen, indem ich zeige, dafs man die Reibung, anstatt sie, wie es Pambour gethan hat, gleich in die ersten allgemeinen Ausdrücke der Arbeit mit einzuflechten, nach denselben Principien auch nachträglich in Rechnung bringen kann, was übrigens in gleicher Weise auch von anderen Autoren geschehen ist.

Die Kräfte, welche die Maschine bei ihrem Gange zu überwinden hat, lassen sich folgendermafsen unterscheiden. 1) Der Widerstand, welcher ihr von aufsen entgegengestellt wird, und dessen Ueberwindung die von ihr verlangte *nützliche* Arbeit bildet. Pambour nennt diesen Widerstand die *Belastung* (*charge*) der Maschine. 2) Die Widerstände, welche in der Maschine selbst ihren Grund haben, so dafs die zu ihrer Ueberwindung verbrauchte Arbeit nicht äufserlich nutzbar wird. Diese letzteren Widerstände fassen wir alle unter dem Namen der *Reibung* zusammen, obwohl aufser der Reibung im engeren Sinne auch noch andere Kräfte unter ihnen vorkommen, besonders die Widerstände der zur Dampfmaschine gehörigen Pumpen, mit Ausnahme

derjenigen, welche den Kessel speist, und welche im Früheren schon mit betrachtet ist.

Beide Arten von Widerständen bringt **Pambour** als Kräfte, welche sich der Bewegung des Stempels widersetzen, in Rechnung, und um sie mit den Druckkräften des an beiden Seiten der Stempels befindlichen Dampfes bequem vereinigen zu können, wählt er auch die Bezeichnung ähnlich, wie es beim Dampfdrucke geschieht, nämlich so, dafs das Zeichen nicht die ganze Kraft, sondern den auf eine Flächeneinheit des Stempels kommenden Theil derselben bedeutet. In diesem Sinne stelle der Buchstabe R die Belastung dar.

Bei der Reibung mufs noch ein weiterer Unterschied gemacht werden. Die Reibung hat nämlich nicht für jede Maschine einen constanten Werth, sondern wächst mit der Belastung. **Pambour** zerlegt sie daher in zwei Theile, den, welcher schon vorhanden ist, wenn die Maschine ohne Belastung geht, und den, welcher erst durch die Belastung hinzukommt. Von letzterem nimmt er an, dafs er der Belastung proportional sey. Demgemäfs drückt er die Reibung auf die Flächeneinheit bezogen durch

$$f + \delta . R$$

aus, worin f und δ Gröfsen sind, die zwar von der Einrichtung und den Dimensionen der Maschine abhängen, aber für eine bestimmte Maschine nach **Pambour** als constant zu betrachten sind.

Wir können nun die Arbeit der Maschine statt wie bisher auf die *treibende* Kraft des Dampfes, auch auf diese *widerstehenden* Kräfte beziehen, denn die von diesen gethane negative Arbeit mufs gleich der von jener gethanen positiven seyn, weil sonst eine Beschleunigung oder Verzögerung des Ganges eintreten würde, was der gemachten Voraussetzung, nach welcher der Gang gleichmäfsig seyn soll, widerspricht. Die Stempelfläche beschreibt, während eine Gewichtseinheit Dampf in den Cylinder tritt, den Raum $(1 - \varepsilon) V$, und man erhält daher für die Arbeit W den Ausdruck:

$$W = (1-\varepsilon)\,V[(1+\delta).R + f].$$

Der *nutzbare* Theil dieser Arbeit dagegen, welcher zum Unterschiede von der ganzen Arbeit mit (W) bezeichnet werden möge, wird durch den Ausdruck:

$$(W) = (1-\varepsilon)\,V.R$$

dargestellt. Eliminirt man aus dieser Gleichung vermittelst der vorigen die Gröfse R, so kommt:

$$(58)\quad (W) = \frac{W-(1-\varepsilon)V.f}{1+\delta}.$$

Mit Hülfe dieser Gleichung kann man, da die Gröfse V als bekannt vorauszusetzen ist, aus der ganzen Arbeit W die nützliche Arbeit (W) ableiten, sobald die Gröfsen f und δ gegeben sind.

Auf die Art, wie Pambour diese letzteren bestimmt, will ich hier nicht eingehen, da diese Bestimmung noch auf zu unsicheren Grundlagen beruht, und die Reibung überhaupt dem eigentlichen Gegenstande dieser Abhandlung fremd ist.

Tabelle enthaltend die für den Wasserdampf geltenden Werthe des Druckes p, seines Differentialcoëfficienten $\frac{dp}{dt} = g$ und des Productes $T.g$ in Millimetern Quecksilber ausgedrückt.

t in Cent. Graden	p	Δ	g	Δ	$T.g$	Δ
40°	54,906	3,003	2,935	0,139	919	46
41	57,909	3,145	3,074	0,144	965	49
42	61,054	3,291	3,218	0,149	1014	50
43	64,345	3,444	3,367	0,155	1064	52
44	67,789	3,601	3,522	0,161	1116	55
45	71,390	3,766	3,683	0,167	1171	57
46	75,156	3,935	3,850	0,173	1228	59
47	79,091	4,112	4,023	0,180	1287	62
48	83,203	4,294	4,203	0,185	1349	64
49	87,497	4,483	4,388	0,193	1413	67
50	91,980	4,679	4,581	0,199	1480	69
51	96,659	4,882	4,780	0,207	1549	72
52	101,541	5,092	4,987	0,213	1621	74
53	106,633	5,309	5,200	0,221	1695	78
54	111,942	5,533	5,421	0,228	1773	80
55	117,475	5,766	5,649	0,237	1853	83
56	123,241		5,886		1936	

t	p	Δ	g	Δ	T.g	Δ
56°	123,241	6,006	5,886	0,244	1936	87
57	129,247	6,254	6,130	0,252	2023	89
58	135,501	6,510	6,382	0,260	2112	93
59	142,011	6,775	6,642	0,269	2205	96
60	148,786	7,048	6,911	0,278	2301	100
61	155,834	7,330	7,189	0,286	2401	103
62	163,164	7,621	7,475	0,296	2504	107
63	170,785	7,922	7,771	0,305	2611	111
64	178,707	8,231	8,076	0,314	2722	114
65	186,938	8,550	8,390	0,325	2836	118
66	195,488	8,880	8,715	0,334	2954	123
67	204,368	9,218	9,049	0,344	3077	126
68	213,586	9,568	9,393	0,355	3203	131
69	223,154	9,928	9,748	0,365	3334	135
70	233,082	10,298	10,113	0,376	3469	139
71	243,380	10,680	10,489	0,387	3608	144
72	254,060	11,072	10,876	0,398	3752	149
73	265,132	11,476	11,274	0,410	3901	153
74	276,608	11,892	11,684	0,422	4054	159
75	288,500	12,320	12,106	0,433	4213	163
76	300,820	12,759	12,539	0,445	4376	168
77	313,579	13,210	12,984	0,458	4544	174
78	326,789	13,675	13,442	0,471	4718	179
79	340,464	14,152	13,913	0,484	4897	185
80	354,616	14,642	14,397	0,497	5082	190
81	369,258	15,146	14,894	0,511	5272	197
82	384,404	15,664	15,405	0,524	5469	202
83	400,068	16,194	15,929	0,538	5671	208
84	416,262	16,740	16,467	0,552	5879	214
85	433,002	17,299	17,019	0,577	6093	220
86	450,301	17,874	17,586	0,582	6313	227
87	468,175	18,463	18,168	0,597	6540	234
88	486,638	19,067	18,765	0,612	6774	240
89	505,705	19,687	19,377	0,628	7014	248
90	525,392	20,323	20,005	0,644	7262	254
91	545,715	20,975	20,649	0,660	7516	262
92	566,690	21,643	21,309	0,676	7778	269
93	588,333	22,328	21,985	0,694	8047	276
94	610,661	23,031	2[illegible],679	0,712	8323	285
95	633,692	23,751	23,391	0,728	8608	292
96	657,443	24,488	24,119	0,747	8900	300
97	681,931	25,243	24,865	0,765	9200	309
98	707,174	26,017	25,630	0,783	9509	317
99	733,191	26,809	26,413	0,787	9826	320
100	760,00	27,59	27,200	0,805	10146	328
101	787,59	28,42	28,005	0,840	10474	343
102	816,01	29,27	28,845	0,855	10817	350
103	845,28	30,13	29,700	0,865	11167	356
104	875,41	31,00	30,565	0,885	11523	367
105	906,41		31,450		11888	

t	p	Δ	g	Δ	T . g	Δ
105°	906,41	31,90	31,450	0,915	11888	378
106	938,31	32,83	32,365	0,935	12266	388
107	971,14	33,77	33,300	0,955	12654	397
108	1004,91	34,74	34,255	0,975	13051	407
109	1039,65	35,72	35,230	0,990	13458	414
110	1075,37	36,72	36,220	1,010	13872	424
111	1112,09	37,74	37,230	1,030	14296	434
112	1149,83	38,78	38,260	1,060	14730	448
113	1188,61	39,86	39,320	1,080	15178	457
114	1228,47	40,94	40,400	1,100	15635	467
115	1269,41	42,06	41,500	1,125	16102	479
116	1311,47	43,19	42,625	1,150	16581	491
117	1354,66	44,36	43,775	1,170	17072	502
118	1399,02	45,53	44,945	1,185	17574	509
119	1444,55	46,73	46,130	1,220	18083	526
120	1491,28	47,97	47,350	1,245	18609	537
121	1539,25	49,22	48,595	1,260	19146	547
122	1588,47	50,49	49,855	1,290	19693	560
123	1638,96	51,80	51,145	1,315	20253	574
124	1690,76	53,12	52,460	1,335	20827	583
125	1743,88	54,47	53,795	1,365	21410	599
126	1798,35	55,85	55,160	1,400	22009	615
127	1854,20	57,27	56,560	1,415	22624	624
128	1911,47	58,68	57,975	1,430	23248	633
129	1970,15	60,13	59,405	1,470	23881	652
130	2030,28	61,62	60,875	1,500	24533	666
131	2091,90	63,13	62,375	1,520	25199	678
132	2155,03	64,66	63,895	1,550	25877	694
133	2219,69	66,23	65,445	1,575	26571	706
134	2285,92	67,81	67,020	1,600	27277	720
135	2353,73	69,43	68,620	1,630	27997	735
136	2423,16	71,07	70,250	1,670	28732	755
137	2494,23	72,77	71,920	1,685	29487	765
138	2567,00	74,44	73,605	1,710	30252	778
139	2641,44	76,19	75,315	1,750	31030	798
140	2717,63	77,94	77,065	1,770	31828	810
141	2795,57	79,73	78,835	1,810	32638	830
142	2875,30	81,56	80,645	1,835	33468	844
143	2956,86	83,40	82,480	1,865	34312	860
144	3040,26	85,29	84,345	1,895	35172	876
145	3125,55	87,19	86,240	1,920	36048	891
146	3212,74	89,13	88,160	1,960	36939	911
147	3301,87	91,11	90,120	1,990	37850	928
148	3392,98	93,11	92,110	2,015	38778	943
149	3486,09	95,14	94,125	2,045	39721	959
150	3581,23	97,20	96,170	2,085	40680	980
151	3678,43	99,31	98,255	2,120	41660	999
152	3777,74	101,44	100,375	2,140	42659	1012
153	3879,18	103,59	102,515	2,175	43671	1032
154	3982,77		104,690		44703	

t	p	Δ	g	Δ	T.g	Δ
154°	3982,77	105,79	104,690	2,220	44703	1054
155	4088,56	108,03	106,910	2,250	45757	1073
156	4196,59	110,29	109,160	2,270	46830	1085
157	4306,88	112,57	111,430	2,310	47915	1107
158	4419,45	114,91	113,740	2,345	49022	1127
159	4534,36	117,26	116,085	2,375	50149	1144
160	4651,62	119,66	118,460	2,410	51293	1165
161	4771,28	122,08	120,870	2,445	52458	1184
162	4893,36	124,55	123,315	2,490	53642	1209
163	5017,91	127,06	125,805	2,510	54851	1222
164	5144,97	129,57	128,315	2,545	56073	1244
165	5274,54	132,15	130,860	2,585	57317	1265
166	5406,69	134,74	133,445	2,620	58582	1286
167	5541,43	137,39	136,065	2,670	59868	1314
168	5678,82	140,08	138,735	2,685	61182	1326
169	5818,90	142,76	141,420	2,725	62508	1348
170	5961,66	145,53	144,145	2,765	63856	1372
171	6107,19	148,29	146,910	2,795	65228	1390
172	6255,48	151,12	149,705	2,830	66618	1412
173	6406,60	153,95	152,535	2,880	68030	1440
174	6560,55	156,88	155,415	2,920	69470	1464
175	6717,43	159,79	158,335	2,935	70934	1476
176	6877,22	162,75	161,270	2,980	72410	1502
177	7039,97	165,75	164,250	3,025	73912	1529
178	7205,72	168,80	167,275	3,060	75441	1550
179	7374,52	171,87	170,335	3,090	76991	1570
180	7546,39	174,98	173,425	3,140	78561	1599
181	7721,37	178,15	176,565	3,170	80160	1619
182	7899,52	181,32	179,735	3,205	81779	1642
183	8080,84	184,56	182,940	3,255	83421	1670
184	8265,40	187,83	186,195	3,280	85091	1688
185	8453,23	191,12	189,425	3,320	86779	1714
186	8644,35	194,47	192,795	3,370	88493	1743
187	8838,82	197,86	196,165	3,400	90236	1763
188	9036,68	201,27	199,565	3,445	91999	1792
189	9237,95	204,75	203,010	3,480	93791	1814
190	9442,70	208,23	206,490	3,515	95605	1837
191	9650,93	211,78	210,005	3,550	97442	1861
192	9862,71	215,33	213,555	3,595	99303	1889
193	10078,04	218,97	217,150	3,645	101192	1919
194	10297,01	222,62	220,795	3,675	103111	1941
195	10519,63	226,32	224,470	3,715	105052	1966
196	10745,95	230,05	228,185	3,750	107018	1991
197	10976,00	233,82	231,935	3,795	109009	2020
198	11209,82	237,64	235,730	3,840	111029	2048
199	11447,46	241,50	239,570	3,885	113077	2077
200	11688,96		243,455		115154	

II. *Ueber die elektrischen Vorgänge bei der Elektrolyse; von R. Kohlrausch.*

(Schlufs von S. 414.)

---

§. 5.

Vergleichung der Stromintensität im Elektrolyten mit der im Drahte.

Die berechneten Drehungsmomente beziehen sich auf den Fall, dafs die Axen der Magnete im Meridiane lagen. Wären durch die bei beiden Magneten ziemlich gleichen Ablenkungen von ungefähr 2°,5 die Entferungen der idealen Pole von den Stromleitern nicht afficirt worden, d. h. wären die Hebelarme gegen die Entfernung der Magnete von diesen Stromleitern verschwindend klein gewesen, so würde streng richtig bei jedem der Magnete die Summe der Drehungsmomente gleich dem Producte aus der Intensität des Erdmagnetismus, dem magnetischen Momente und der Tangente des Ablenkungswinkels seyn. Wir würden also die Gleichungen bekommen:

$$d_{,}' + d_{,,}' + d_{,,,}' + d_{,v}' + d_{v}' = im_{,} \,.\, 0{,}003933 + i_{,}m_{,} \,.\, 0{,}015816 = T_{,,}m_{,} \operatorname{tgs} v_{,}$$

$$d_{,}'' + d_{,,}'' + d_{,,,}'' + d_{,v}'' + d_{v}'' = im_{,,} \,.\, 0{,}019861 + i_{,}m_{,,} \,.\, 0{,}000002 = T_{,,}m_{,,} \operatorname{tgs} v_{,,}$$

wobei $v_{,}$ und $v_{,,}$ die im §. 3 auf gleiche Intensität des Erdmagnetismus reducirten und von den Torsionskräften ihrer Fäden befreiten beobachteten Ablenkungswinkel sind. Aus diesen beiden Gleichungen ergiebt sich aber

$$i_{,} = \text{[illegible]}$$

d. h. die Stromintensität [illegible] e, um die Ablenkungen [illegible] erklären, [illegible] dlich um 1,13 Procent [illegible] gewesen [illegible] llischen Theile des Sch[illegible] gebogens.

So viel also sieht man gleich, von einer doppelten Stromintensität im Elektrolyten kann gar keine Rede seyn, höchstens kann man das eine Procent der Differenz ganz aufser Acht lassen und die Intensitäten für absolut gleich halten.

In Beobachtungsfehlern bei der Bestimmung der Ablenkungen kann zwar jene Differenz ihren Sitz bei weitem nicht haben, ebenfalls nicht in der Gröfse der Magnete gegen die Entfernung der Stromleiter, weil der dadurch entstehende Einflufs beide Magnete in gleichem Sinne und fast genau in demselben Maafse afficiren mufste; auch zeigt eine flüchtige Ueberschlagsrechnung sogleich, dafs eine dieserhalb angestellte Correction nichts wesentliches an dem Resultate ändert.

Nun hatte ich schon früher eine ähnliche Messung angestellt, bei welcher die Stromleitung über den Nadeln von zwei Sinuselektrometern hergeführt war und zwar ungefähr in denselben Entfernungen wie bei obigem Versuche unter den Nadeln. Das Resultat hatte damals ergeben, dafs die Stromintensität im Elektrolyten, um die Ablenkungen zu erklären, hätte um etwa ein Procent gröfser als im Drahte angenommen werden müssen, also gerade umgekehrt als wie in dem anderen Falle.

Die Vergleichung dieser Resultate führt auf den wahrscheinlichsten Grund der kleinen Differenz zwischen Beobachtung und Rechnung. Wie man aus den angegebenen Dimensionen ersehen kann, traf der langgespannte Draht die noch nicht ein Millimeter dicken Polplatten nicht in der Mitte, sondern etwa um $\frac{1}{9}$ ihrer Höhe unter der Mitte. Während in der Rechnung eine gleichförmige Verbreitung des Stromes durch den Elektrolyten angenommen ist, ging in Wirklichkeit vielleicht ein gröfserer Theil durch die untere Hälfte desselben, wobei dann die beobachtete Ablenkung eines über dem Elektrolyten schwebenden Magneten geringer, die eines darunter befindlichen gröfser ausfallen mufste, als die berechnete. Dadurch möchte jedes Bedenken, wozu die oben erwähnte kleine Differenz Anlafs geben konnte, als gehoben erscheinen.

§. 6.

Ungefähre Vereinigung des Resultates mit der Theorie.

Ich glaube keinen Widerspruch zu erfahren, wenn ich behaupte, daſs die angestellten Messungen bewiesen haben,

daſs die Stromintensität innerhalb des Elektrolyten genau dieselbe ist wie im metallischen Theile des Schlieſsungsbogens.

Die Vereinigung dieses Resultats mit der Theorie ergiebt sich aber auf folgende Weise.

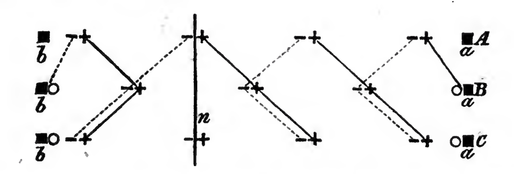
In einer Arbeit von Daniell und Miller (Nachträgliche Untersuchung über die Elektrolyse secundärer Verbindungen. Diese Annalen Bd. 64, S. 20) wird darauf aufmerksam gemacht, »daſs die Entwicklung von einem ganzen Aequivalent der Ionen nur begleitet wird von der wirklichen Ueberführung eines halben Aequivalentes nach jeder Seite« (eines gewissen Querschnittes). Es stützt sich diese Behauptung auf die Grotthuſs'sche Hypothese, nach welcher bei einem einmaligen Acte der Zerlegung das Atom nicht die Stelle seines gleichnamigen Nachbars einnimmt, sondern auf dem halben Wege mit dem ungleichnamigen Nachbar zusammentrifft und mit ihm sich nun verbindet.

Diese allbekannte Ansicht enthält den Schlüssel zu der Erklärung. Aber, konnte man sagen, die bestimmte Menge Wasserstoff, welche in jeder Secunde frei wird, muſs doch irgend woher kommen; und auf welchem Wege kommt sie an die Polplatte als durch den letzten Querschnitt? Und wie kommt sie zu diesem als durch den vorletzten; und wie zu diesem als durch den drittletzten; und wo hört das anders auf als bei der anderen Polplatte?

Wenn aber die Grotthuſs'sche Ansicht nur halb so viel Wasserstoff liefert als nöthig ist, so muſs die andere Hälfte anders woher kommen. Analysiren wir!

Für ein Atom freiwerdenden Wasserstoffs wird ebenfalls ein Atom Sauerstoff an der Anode frei. Wir dürfen und müssen eine ganze bestimmte Linie von Wasseratomen uns vorstellen, zwischen denen der Austausch der Bestandtheile bei diesem einen Acte der Zerlegung stattgefunden

hat, denn diese Bestandtheile sind ganz bestimmte einzelne Individuen. Was die Betrachtung der Vorgänge in diesem Wasserfaden lehrt, mufs mehr oder weniger auch für die Vorgänge im gesammten Elektrolyten gelten, denn der Gesammtstrom besteht nur aus solchen Strömen in ganz bestimmten Wasserfäden.



In der Figur stelle nun die oberste Reihe *A* einen solchen, der Einfachheit wegen, geraden Wasserfaden vor, bestehend aus 4 Atomen. Die durch + bezeichneten Wasserstoffatome sind alle nach der Kathode *a* gerichtet, die negativen Sauerstoffatome nach der Anode *b*. Nach einer einmaligen Zersetzung herrscht dann ein Zustand wie in *B*, wo die ausgeschiedenen unelektrisch gewordenen Atome (blofs der Unterscheidung wegen) als kleine Kreise gezeichnet sind. Die schräg herablaufenden ausgezogenen oder punktirten Linien verbinden die identischen Atome; die verticalen Projectionen dieser Linien auf die Richtung *ba* des Fadens *A* würden die von den Atomen zurückgelegten Wege bezeichnen.

In *A* ist, um der Adhäsion des Wassers an der benetzten Polplatte Rechnung zu tragen, die Entfernung der Wasseratome von einander gröfser gezeichnet als die Entfernung der letzten von ihnen von den Platten. Wie sich das auch in Wirklichkeit verhalte, jedenfalls müssen in dem Augenblicke, welcher in der Figur *B* dargestellt ist, entweder die letzten Wasseratome von den Platten um die halbe Entfernung zweier Atome weiter abgerückt seyn als in *A*, oder, wenn bis dahin auf diese letzten Atome die Adhäsionskräfte schon gewirkt haben sollen, können die übrigen Atome des Fadens nicht in ihren natürlichen Ent-

fernungen von einander seyn. Der natürliche Zustand kann erst wieder entstehen, wenn ein neues Atom in die Reihe der übrig gebliebenen eingetreten ist. Wo das geschieht, mag dahingestellt bleiben; in der Figur stellt die Reihe *C* den Zustand vor, wo durch Zufliefsen bei *n* das neue Atom hinzugetreten ist und jetzt erst erscheint derselbe Wasserfaden für einen neuen Act der Zersetzung vorbereitet. Betrachten wir nun die Querschnitte, so sehen wir, wie während der Zeit, wo die zu einem Act der Zersetzung gehörigen Zustände *B* und *C* sich gebildet haben, durch jeden Punkt des Wasserfadens rechts von dem Querschnitte *n* *ein ganzes und nicht ein halbes* Aequivalent Wasserstoff in der Richtung des positiven Stromes geflossen ist, durch jeden Punkt links vom Querschnite *n* ein ganzes Aequivalent Sauerstoff in der entgegengesetzten Richtung, ganz wie es der Logik wegen verlangt werden mufste. Die Hälfte der Wege ist zurückgelegt durch die Zersetzung, die andere Hälfte durch Fliefsen.

Wollte man einwenden, dafs ja die gebildeten Gase in der Reihe *B* den verlangten Platz einnehmen, so dafs ein viertes Atom Wasser gar nicht entbehrt werde, so ist zu entgegnen, dafs wenigstens auf die Dauer dieser Einwand nichts bedeute, denn die Gasschicht an den Polen erreicht nur eine bestimmte Dicke, auch wenn die Elektrolyse noch so lange fortgesetzt wird. Sind aber der Boden und die Seitenwände der Zersetzungszelle unveränderlich, so mufs von einer wiederholten Zersetzung in *denselben* Wasserfäden die Rede seyn dürfen, und diese ist offenbar nur möglich durch Zufliefsen, wobei freilich zugestanden werden soll, dafs wegen des zeitweisen Anwachsens der Gasschicht, dann wieder wegen des Abreifsens eines Gasbläschens an der betreffenden Stelle der Polplatte, der oben geschilderte Vorgang sich nicht in derselben Regelmäfsigkeit beständig wiederholt. Das Fliefsen überhaupt aber ist wesentliche Bedingung einer fortdauernden Zersetzung, denn ohne das Fliefsen würde die Berührung zwischen dem Elektrolyten und den Polplatten aufhören. Ebenso einleuchtend aber

ist, *dafs jedes Atom des Elektrolyten, nachdem es durch Elektrolyse einen kleinen Weg frei für sich, d. h. getrennt von dem anderen Bestandtheile, zurückgelegt hat, nun einen anderen kleinen Weg als unfrei, d. h. wieder verbunden mit dem anderen Bestandtheile zurücklegt.*

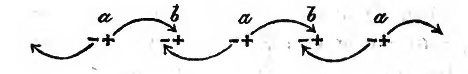
So zerfällt also der Act jeder einzelnen Zersetzung in zwei Theile, von denen jeder irgend eine kleine Zeit in Anspruch nimmt, einen ersten Theil, wo sich freie Elektricitäten bewegen, einen zweiten, wo das nicht der Fall ist, d. h. wo derselbe Weg von beiden Elektricitäten zugleich zurückgelegt wird; der erste Theil könnte eine Wirkung auf die Magnetnadel ausüben, der zweite sicher nicht. Wir haben zu prüfen, ob diese Wirkung die verlangte seyn kann.

Zu dem Ende denken wir uns die Enden des Wasserfadens durch eine einfache Reihe metallischer Atome geschlossen, in denen an irgend einer Stelle die den Strom hervorrufende Elektricitätsquelle liegen mag. Damit nun das positive Atom des Elektrolyten am Pole a seinen Ueberschufs $+2q$ (siehe §. 1) an positiver Elektricität verliere, wird von jedem Atome des metallischen Leiters $+q$ in der Richtung des positiven Stromes an seinen Nachbar abgegeben und $-q$ in der entgegengesetzten Richtung; und eben diese Elektricitätsbewegung reicht hin, auch das mit dem Ueberschusse $-2q$ an dem anderen Pole b vorkommende negative Atom in den unelektrischen Zustand zu versetzen. In dem metallischen Leiter haben wir also durch jeden Querschnitt eine Bewegung beider Elektricitäten, welche, wenn die Zersetzung sich in jeder Secunde einmal wiederholte, nach dem elektrostatischen oder mechanischen Maafse mit der Stromintensität q bezeichnet werden würde, indem es üblich ist, nur die in der Richtung des positiven Stromes durch den Querschnitt hindurchgehende Elektricitätsmenge anzugeben.

In dem *Elektrolyten* haben wir aber im Wesentlichen *keine entgegengesetzte Bewegung durch denselben Querschnitt.* Wenn während des ersten Theiles eines Actes der Zer-

legung die getrennten Bestandtheile die halbe Entfernung zweier Atome des Elektrolyten zurücklegen, so sehen wir, wenn man sich so ausdrücken darf, die Hälfte der Querschnitte nur von positiver, die andere Hälfte nur von negativer Elektricität durchflossen. Will man hier auch das Wort *Strom* gebrauchen, so hat man einfache Ströme, aber von der Intensität $2q$.

Streng genommen freilich haben wir durch gewisse Strecken auch hier doppelte Elektricitätsbewegung, durch andere eben so lange dafür gar keine. Die Figur zeigt dieses. Die Doppelatome waren vorher bei *a*, die neu



gebildeten, ehe sie anfangen zu fliefsen, sind bei *b*. Die Räume, durch welche entweder doppelte oder gar keine Bewegung stattfindet, sind gleich dem Abstande der beiden Elektricitäten in einem und demselben Doppelatome.

Abgesehen von diesen Räumen, welche gegen die Entfernung zweier Doppelatome des Elektrolyten verschwindend klein seyn werden, geht also durch jeden Querschnitt des elektrolytischen und metallischen Fadens dieselbe Elektricitätsmenge. Will man dazu noch die Annahme machen, dafs auf den Magneten in derselben Weise gewirkt werde, es mag $+2q$ in der einen Richtung durch den Querschnitt gehen, oder $-2q$ in der entgegengesetzten, oder endlich gleichzeitig $+q$ in der einen und $-q$ in der anderen, so könnte man sich allenfalls mit der bisherigen Nachweisung begnügen und in ihr eine Erklärung der angestellten Messungen erblicken wollen, denen zufolge der Elektrolyt dieselbe Stromintensität besitzen soll wie der Draht.

§. 7.

Genauere Vereinigung des Resultates mit der Theorie.

Die Sache verdient aber genauer ins Auge gefafst zu werden. In den §§. 4 bis 6 ist die Rechnung über die

Wirkung des Elektrolyten auf den Magneten so angestellt, als wäre er ein *Leiter mit Doppelstrom*, unf für den Leiter überhaupt ist die Vorstellung zum Grunde gelegt, als werde er beim Strome von einem *continuirlichen elektrischen Fluidum mit gleichförmiger Geschwindigkeit* durchflossen, weil ja dem Stromelemente eine *continuirliche Kraft* von der Gröfse $\frac{\alpha\mu i \sin\varphi}{r^2}$ auf das magnetische Fluidum zugeschrieben wird. Mit den aus dieser Rechnung hervorgegangenen Ablenkungen stimmten die beobachteten überein, sobald angenommen wurde, dafs die Stromintensität im Elektrolyten dieselbe sey wie die im Drahte. Wer nun nicht annehmen will, dafs die Elektricität sich im Elektrolyten wie in einem Leiter bewege, wer also die elektrolytische Hypothese beibehalten will, wird doch jedenfalls zugeben müssen, dafs bei der Berechnung der Wirkungen des Elektrolyten auf den Magneten der obige Ausdruck $\frac{\alpha\mu i \sin\varphi}{r^2}$ für die Kraft anwendbar sey. Ein Solcher befindet sich also, wenn er nicht blofs etwas *behaupten* will, in der Nothwendigkeit, über die Wirkung der einzelnen *discontinuirlichen Bewegungen* der in *Punkten concentrirten* Elektricitäten, von denen er zugeben mufs, dafs sie *nicht in geraden Linien* zu erfolgen und dafs sie schon deswegen *schwerlich mit gleichförmiger Geschwindigkeit* vor sich zu gehen brauchen, solche *Annahmen* zu machen, aus denen sich der obige Ausdruck für die Kraft, mit welcher sie auf das magnetische Fluidum wirken, ableiten läfst.

Aber auch diese Probe hält die elektrolytische Hypothese aus, wenn die fraglichen Annahmen aus der Analyse der Hypothese geschöpft werden.

In der §. 8 angehängten Note ist der Beweis geführt, dafs in der That die Wirkung der discontinuirlichen Bewegungen der an den Ionen concentrirten Elektricitäten, in welchen krummlinigten kleinen Bahnen sie auch erfolgen, durch den Ausdruck $\frac{\alpha\mu i \sin\varphi}{r^2}$, der für den continuirli-

chen Strom gilt, dargestellt werden kann, wenn man folgende Annahme macht:

1) Die Wirkung eines bewegten elektrischen Theilchens auf das magnetische Fluidum ist

proportional seiner Masse,
proportional seiner Geschwindigkeit,
proportional dem mehrfach besprochenen $\sin \varphi$
und umgekehrt proportional dem Quadrate der Entfernung.

2) Die Wirkung ist dieselbe, es mag positive Elektricität in der einen Richtung sich bewegen oder unter gleichen Umständen negative in der entgegengesetzten.

Diese Annahmen sind durchaus nur solche, welche aufserdem schon in der Elektricitätslehre gemacht werden. Dafs die Wirkung dem $\sin \varphi$ porportional gesetzt wird, kann hier nicht willkührlicher erscheinen, als in dem elektromagnetischen Grundgesetze; der eigentliche Grund hierfür ergiebt sich erst, wenn statt des magnetischen Fluidums Molecularströme im Magneten substituirt werden. — Darin, dafs die beiden Elektricitätsarten, wenn sie sich in entgegengesetzten Richtungen bewegen, dieselbe Wirkung auf den Magnetismus ausüben sollen, stimmt die Annahme ganz mit dem Gebrauche überein. — Dafs wir die Wirkung proportional der bewegten Elektricitätsmenge setzen, ist höchst natürlich, dafs wir sie aber, wie sich im §. 8 nachgewiesen findet, um den Ausdruck $\frac{i \mu \alpha \sin \varphi}{r^2}$ ableiten zu können, *ganz durchaus nothwendig* der Geschwindigkeit proportional setzen müssen, stimmt vollkommen überein mit Webers elektrischem Grundgesetze; es ist weiter nichts als ein Ausflufs dieses Grundgesetzes für einen ganz bestimmten Fall.

Das Endergebnifs dieser Betrachtungen ist also das, dafs die vollkommenste Uebereinstimmung herrscht zwischen der elektrolytischen Hypothese und den Resultaten der Erfahrung. Könnte man den Beweis führen, dafs der Abstand zweier Atome des Elektrolyten ein anderer ist als

der der metallischen Atome, so besäſse man in der gleichen Wirkung des Elektrolyten und des Drahtes auf den Magneten den experimentellen Beweis des *für die Elektricitätslehre bei weitem wichtigsten Gesetzes*, *des Weber'schen elektrischen Grundgesetzes.*

Es mag genügen, in diesem Aufsatze die elektrolytische Hypothese, nämlich die Betrachtung des Elektrolyten als eines Isolators, nach *einer* Richtung von einer Schwierigkeit befreit zu haben. Wenn noch *andere erhebliche* bleiben, so gelingt deren Beseitigung vielleicht ebenfalls. Wenigstens soll man eine so tief eingreifende Anschauungsweise nicht eher fallen lassen, als bis man durchaus dazu gezwungen wird.

§. 8.

Note.

Im vorigen Paragraphen ist auf den Beweis, daſs die Wirkung der sich bewegenden Ionen des Elektrolyten auf das magnetische Fluidum μ durch den Ausdruck

$$\frac{\alpha\mu i \sin\varphi}{r^2}$$

dargestellt werden könne, hingedeutet; dieser ist folgendermaſsen zu erbringen.

Wir sehen erfahrungsmäſsig, daſs beim Strome zwei gleich lange gerade Fäden von elektrolytischen und von metallischen Atomen dieselbe Wirkung auf den in gleiche Lage zu ihnen gestellten Magneten ausüben. Wir schlieſsen daraus, daſs die Wirkung auf das magnetische Fluidum während des Actes einer Zerlegung dieselbe bei beiden Fäden seyn werde. Ein solcher Act zerfällt in zwei Theile, einen ersten auf den Magnetismus wirkenden, einen zweiten unwirksamen, während dessen die neugebildeten Atome nach einer anderen Stelle rücken. Während wir nicht wissen, wie die beiden Zeiten, welche den beiden Theilen eines Actes der Zersetzung zukommen, sich zu einander verhalten; während es ungewiſs bleibt, ob die Ionen bei ihrer getrennten Wanderung dieselbe Zeit ge-

brauchen, wie der Uebergang der Elektricitäten zwischen den benachbarten metallischen Atomen; während drittens gar nichts darüber festzustellen ist, auf welcher Bahn das Ion seine Ortsveränderung vernimmt, oder welche Geschwindigkeiten es auf den einzelnen Strecken dieser Bahn besitzt; das *Eine* bleibt wahr: *die Summen der Producte aus den einzelnen bewegten elektrischen Massen und den Projectionen der Wege dieser Massen auf den geradlinigten Faden sind in beiden Fäden dieselben.*

Der eben aufgestellte Satz bleibt unangreifbar auch wenn wir mit Hittorf [1]) annehmen sollten, dafs die Ionen ungleiche Wege bei der Elektrolyse zurücklegen, oder wenn wir uns gedrungen fühlen, ganz andere Abstände zwischen den Doppelatomen des Elektrolyten als wie zwischen den metallischen Atomen vorauszusetzen. In diesem letzteren Falle befinden sich in den beiden gleich langen Fäden ungleiche Mengen von Elektricität in Bewegung, aber die Projectionen der von den einzelnen Theilchen zurückgelegten Wege verhalten sich umgekehrt wie diese Mengen, d. h. wie die Anzahl der bewegten Theile. Wirken diese beiden gleich langen Fäden dennoch gleich stark auf den Magneten, so würde daraus folgen, dafs dasselbe elektrische Theilchen eine desto gröfsere Wirkung auf den Magnetismus ausübe, je länger der kleine Weg ist, den es bei der einmaligen Zersetzung zurücklegt. Nun hat es keinen Sinn, einem zurückgelegten Wege eine Wirkung zuzuschreiben; ist ein Zusammenhang der Länge des Weges mit der Wirkung unverkennbar, so ist er doch nur scheinbar, nur secundärer Art; die Wirkung mufs ausgehen von einer Eigenschaft des Bewegten, welche von der Länge des Weges abhängig ist. Hier führt der Gedanke, dafs ja doch die ungleichen Wege des Ions und der zwischen zwei metallischen Atomen wechselnden Elektricität in derselben Zeit zurückgelegt seyn könnten, zu dem einfachen Schlusse, dafs die Kraft, welche das bewegte elektrische Theilchen auf den Magnetismus ausübt, *proportional sey*

1) Diese Ann. Bd. 89, S. 177.

der Geschwindigkeit, mit welcher es sich bewegt. Und in der That macht uns diese Annahme, dafs eben unter sonst gleichen Umständen die *Geschwindigkeit* der Bewegung es ist, worauf es ankommt, ganz unabhängig von alle dem, was oben als ganz aufser dem Bereiche unserer Kenntnifs liegend bezeichnet ist. Wir müssen bei diesen discontinuirlichen kurzen Bewegungen, wenn es für die von ihnen ausgeübte *Wirkung* gleichgültig seyn soll, mit welcher Geschwindigkeit die ganz bestimmten Wege zurückgelegt wurden, gerade annehmen, dafs die *Kraft* der Geschwindigkeit proportional ist. Denn die ausgeübte Wirkung besteht in einem Stofse, sie besteht in einer Geschwindigkeit, welche der mit dem magnetischen Fluidum verbundenen trägen Masse des Stahls mitgetheilt wird. Solcher Stöfse erfolgen in kurzen Zwischenräumen eine so grofse Menge von Seiten des Elektrolyten oder Drahtes, dafs eine scheinbar feste Ablenkung des Magneten entsteht. Die Wirkung jedes einzelnen Stofses aber ist abhängig von der Kraft und der Dauer, während welcher diese Kraft wirkt. Ist also auf dem bestimmten Wege die Kraft der Geschwindigkeit proportional, so ist die Zeit, während welcher die Kraft wirkt, der Geschwindigkeit umgekehrt proportional, d. h. die *Wirkung von der Geschwindigkeit unabhängig*.

In der Ausführung nimmt sich aber die Sache dann folgendermafsen aus. Wenn eine in einem Punkte concentrirte elektrische Masse q sich mit einer Geschwindigkeit u in einer Richtung bewegt, welche mit der Verbindungslinie r zwischen der Masse und dem in einem Punkte concentrirten magnetischen Fluidum μ den Winkel φ bildet, so soll sie (nach Seite 567) auf das letztere eine beschleunigende Kraft ausüben von der Gröfse

$$\frac{Aq\breve{u}\mu\sin\varphi}{r^2},$$

wobei A eine Constante bedeutet. Diese Kraft ist, ebenso wie bei wirklichen Stromelementen, senkrecht zu der durch die Richtung der Bewegung und den Ort des μ gelegten

Ebene und nach Gröſse und Richtung dieselbe, es mag positive Elektricität sich nach der einen Seite bewegen oder unter sonst gleichen Umständen negative nach der entgegengesetzten Seite. Die in dem Zeitdifferentiale dt der mit dem Magnetismus μ verbundenen Masseneinheit ertheilte Geschwindigkeit ist also

$$\frac{A q u \mu \sin\varphi\, dt}{r^2},$$

und diejenige, welche in einer Zeit τ ertheilt wird, während welcher die elektrische Masse irgend einen Weg zurücklegt,

$$A q \mu \int_0^\tau \frac{u \sin\varphi\, dt}{r^2}.$$

Fassen wir nun den Weg σ ins Auge, den ein elektrisches Massentheilchen bei einem einmaligen Acte der Zersetzung zurücklegt, so leuchtet zunächst ein, daſs dieser Weg verschwindend klein ist gegen die Entfernung r, daſs man also r während dieses ganzen Weges als constant ansehen dürfe, sobald nur μ an seinem Orte verharrt. Dieſs letztere darf aber angenommen werden, entweder sobald die Zeit τ sehr klein ist gegen die Zeit, während welcher die Kraft wirken müſste, damit der Ort des μ merkbar verändert würde, oder in unserem Falle sobald man sich die Nadel durch das Zusammenwirken sehr vieler kleinen Stöſse in einer scheinbar festen Ablenkung begriffen denkt. Nehmen wir vorläufig noch an, der Weg σ sey geradlinigt, so darf zweitens ebenfalls φ als constant angesehen werden. Und da endlich

$$\int_0^\tau u\, dt = \sigma,$$

so geht der obige Ausdruck über in

$$\frac{A q \mu \sigma \sin\varphi}{r^2}.$$

So lange also die Wirkung des bewegten elektrischen Theilchens auf die mit μ verbundene träge Masse als ein Stoſs betrachtet werden darf, ist sie ganz unabhängig von

der Zeit, während welcher der gerade Weg σ zurückgelegt wird und ebenfalls unabhängig von den Geschwindigkeiten auf den einzelnen Theilen dieses Weges; sie ist dagegen proportional der Länge des Weges. Der Ausdruck $\frac{Aq\mu\sigma\sin\varphi}{r^2}$ stellt die Geschwindigkeit vor, welche der mit μ verbundenen Masseneinheit ertheilt wird, wenn die Elektricitätsmenge q den Weg σ einmal durchläuft. Geschähe das in jeder Secunde einmal, so würde derselbe Ausdruck auch angesehen werden dürfen als eine continuirliche von dem Wege σ ausgeübte beschleunigende Kraft.

Was hier für den ganzen kleinen Weg σ als gültig nachgewiesen ist, gilt natürlich auch für die Elemente von σ. Wenn also der Weg, den ein Elektricitätstheilchen oder Ion bei einmaliger Zersetzung zurücklegt, nicht geradlinigt ist, so werden die Wirkungen auf den einzelnen Wegelementen von den Längen dieser Elemente und ihren Richtungen gegen μ abhängig erscheinen. Statt der Wirkung einer bewegten elektrischen Masse q während eines Wegelementes kann man nun die drei Wirkungen substituiren, welche entstehen würden, wenn q gleichzeitig durch die drei Kanten eines Parallelepipedes sich bewegte, dessen Diagonale jenes Wegelement ist, gerade wie man auch statt eines Stromelementes drei Stromelemente als Componenten zu setzen berechtigt ist. Legt nun das Ion den krummlinigten Weg s zurück, dessen Endpunkte die Entfernung σ haben, während die gerade Linie σ mit r den Winkel φ bildet, so kann man zeigen, dafs die Wirkung abermals die Gröfse

$$\frac{Aq\mu\sigma\sin\varphi}{r^2}$$

besitzt. Denn, denkt man sich alle Wegelemente ds in drei Componenten zerlegt; die dx in der Richtung der Verbindungslinien r, welche auch in diesem Falle, wo es sich um die Bahn handelt, auf welcher bei einem Acte der Zersetzung das Ion sich bewegt, der Natur der Sache nach alle als gleich und parallel angesehen werden dürfen, die

dy senkrecht auf die durch μ und σ gelegte Ebene und die dz in dieser Ebene senkrecht auf r: so üben die Componenten $\frac{Aq\mu dx \sin\varphi}{r^2}$ keine Wirkung auf μ aus, weil ihre Richtung durch μ hindurchgeht, also $\varphi = 0$ ist; die Componenten, welche den Factor dy enthalten, üben ebenfalls keine Wirkung aus, weil die Summe aller dy in diesem Falle Null ist; die Componenten mit dem Factor dz üben aber die Wirkung

$$\frac{Aq\mu\sigma \sin\varphi}{r^2}$$

aus, weil die Summe aller dz gleich $\sigma \sin\varphi$ ist.

Durch die bisherigen Betrachtungen haben wir also das Resultat gewonnen, dafs wir für die Bewegungen der entweder an die Ionen geknüpften oder zwischen den metallischen Theilen des Schliefsungsbogens übergehenden Elektricitäten, diese Bewegungen mögen seyn, welcher Art sie wollen, ohne an der Wirkung etwas zu ändern, eine Bewegung substituiren dürfen, bei welcher ein geradliniger Weg σ mit gleichförmiger Geschwindigkeit zurückgelegt wird, und das nicht gerade in der Zeit, welche der Bewegung in Wirklichkeit zukommt, nämlich während des ersten Actes der Zersetzung, sondern, wenn wir wollen, dürfen wir uns die Bewegung auf den *ganzen* Act einer Zersetzung ausgedehnt denken, indem wir den unwirksamen Theil dieser Zeit, nämlich das Fliefsen der neu verbundenen Atome, auf ein unendlich kleines Zeittheilchen zusammenschrumpfen lassen. Besteht nun die Entfernung S zweier Atome im Elektrolyten aus den Längen σ' und σ'', wobei σ' von der positiven Menge $2q$ und σ'' von der negativen Menge $2q$ durchlaufen wird, so dürfen wir statt dessen uns in derselben Zeit den ganzen Weg $S = \sigma' + \sigma''$ von der positiven Menge q in der einen und von der negativen Menge q in der entgegengesetzten Richtung durchlaufen denken, ohne an der Wirkung etwas zu ändern. Dadurch bekommen wir die Vorstellung, als ob in dem ganzen elektrolytischen Faden die positiven in Punkten concentrirten Mengen q

hintereinander her in den Entfernungen S in continuirlicher Bewegung den Faden durchliefen, die negativen in gleichen Abständen hintereinander her in entgegengesetzter Richtung. Wir ändern aber wiederum nichts am Erfolge, wenn wir statt dessen uns die in Punkten concentrirten Mengen $\frac{q}{n}$ in den Abständen $\frac{S}{n}$ hintereinander gesetzt und mit denselben Geschwindigkeiten fortrückend denken. Oder wenn sonst nicht etwa ein logisches Hindernifs obwaltet, die an die Ionen geknüpften freien Elektricitäten als einen kleinen Raum continuirlich erfüllend anzunehmen, können wir die an einem Ion haftende freie Elektricität uns in einen Faden von der Länge S ausgespannt denken, und haben so eine continuirliche, gleichförmige Elektricitätsbewegung durch den ganzen elektrolytischen, oder, wenn wir dieselben Vorstellungen auf die metallischen Atome ausdehnen wollen, auch durch den ganzen metallischen Faden.

So könnte man zu der Vorstellung einer continuirlichen Wirkung von Seiten des Elektrolyten gelangen. Zur Ableitung der Formel

$$\frac{i\mu\alpha\sin\varphi}{r^2}$$

ist das jedoch nicht einmal nöthig. Denn wir haben gesehen, dafs bei einer einmaligen Zersetznng die von der Elektricitätsmenge q auf ihrem kleinen Wege σ ausgeübte Wirkung, sobald sie in jeder Secunde einmal erfolgt, als eine beschleunigende Kraft von der Gröfse

$$\frac{Aq\mu\sigma\sin\varphi}{r^2}$$

angesehen werden kann. Dasselbe gilt natürlich auch vom Wegelemente $\alpha = d\sigma$. Kommen also in der Secunde m Zersetzungen vor, so ist die vom Wegelemente ausgeübte beschleunigende Kraft gleich

$$\frac{mAq\mu\alpha\sin\varphi}{r^2}.$$

In der Längeneinheit des Fadens befindet sich die positive Elektricitätsmenge

$$e = \frac{q}{S}$$

wenn S der Abstand zweier Atome ist. Mithin ist

$$q = eS.$$

Denken wir, dafs bei jeder Zersetzung nicht die positive Menge $2q$ einen Theil des Abstandes der Atome zurücklegt, sondern q den ganzen Abstand, so dafs in den Abständen S die positiven Mengen q hintereinander her gehen, wodurch die Wirkung nicht geändert wird, sobald wir für die Bewegung der negativen Elektricität ein Gleiches voraussetzen, so ist die Geschwindigkeit der Elektricität bei m Zersetzungen in der Secunde

$$u = mS,$$

also

$$m = \frac{u}{S}.$$

Statt mq sind wir also berechtigt eu zu setzen und bekommen so die Wirkung

$$\frac{Aeu\mu\alpha\sin\varphi}{r^2}$$

oder, da Aeu nichts anderes ist, als was wir sonst als Stromintensität mit i zu bezeichnen pflegen [1]),

$$\frac{i\mu\alpha\sin\varphi}{r^2}.$$

Marburg im August 1855.

1) Elektrodynamische Maafsbestimmungen von W. Weber, Theil I. S. 115.

III. *Ueber die Wärmewirkung bewegter Flüssigkeiten; von W. Thomson und J. P. Joule.*

(Aus den *Phil. Transact. f.* 1853 *pt. III p.* 357.)

In einem der K. Gesellschaft am 20. Juni 1844 mitgetheilten Aufsatz: »*Ueber die durch Verdünnung und Verdichtung der Luft erzeugten Temperaturveränderungen*«[1]) hat Hr. Joule die dynamische Ursache der Haupterscheinungen nachgewiesen und die seinen Schlüssen zum Grunde liegenden Versuche beschrieben. Später hat Prof. Thomson gezeigt, dafs die in dieser Untersuchung entdeckte Uebereinstimmung zwischen der geleisteten Arbeit und dem mechanischen Aequivalent der bei der Compression der Luft entwickelten Wärme nur approximativ seyn kann, und in einem der K. Gesellschaft zu Edinburg im April 1851 mitgetheilten Aufsatz: »*Ueber eine Methode, die Relation zwischen der mechanischen Arbeit und der bei Compression gasiger Flüssigkeiten erzeugten Wärme experimentell zu entdecken*[2]) schlug er das bei gegenwärtiger Untersuchung angewandte experimentelle Verfahren vor, mittelst dessen wir schon ein partielles Resultat erhalten haben[3]). Diese Methode besteht darin, das zusammengedrückte elastische Fluidum durch eine Masse poröser nichtleitender Substanz zu treiben, und die erfolgende Temperatur-Veränderung des elastischen Fluidums zu beobachten. Statt einer einfachen Oeffnung war ein poröser Stöpsel angewandt, damit die von der sich ausdehnenden Flüssigkeit geleistete Arbeit sogleich zu Reibung verwandt würde, ohne dafs eine merkliche Portion von ihr, auch nur temporär, zur Erzeugung gewöhnlicher lebendiger Kraft oder zur Hervorbringung eines Tons diente. Die nichtleitende Substanz wurde gewählt, um so viel wie möglich jeden Wärmever-

1) *Philosoph. Magaz. Ser. III, Vol. XXVI, p.* 369.
2) *Transact. of the Roy. Soc. Edinb. Vol. XX, pt. II.*
3) *Philosoph. Mag. Ser. IV, Vol. IV, p.* 481.

lust durch Leitung, sey es von der Luft an der einen Seite des Stöpsels zu der Luft an der anderen Seite desselben, oder zwischen dem Stöpsel und der umgebenden Materie zu verringern.

Ein Hauptgegenstand der Untersuchung ist, den Werth von μ, Carnot's Function, zu bestimmen. Wenn das Gas die gewöhnlich angenommenen Compressions- und Expansionsgesetze vollkommen befolgte, würde man haben [1])

$$\frac{1}{\mu} = \frac{\frac{1}{E} + t}{J} + \frac{K\delta}{E p_0 u_0 \log P}$$

wo J das mechanische Aequivalent der Wärme-Einheit; $p_0 \mu_0$ das Product aus dem Druck, in Pfunden, auf den Quadratfufs in das Volum, in Kubikfufsen, eines Pfundes des Gases bei 0° C.; P das Verhältnifs des Drucks an der stark gedrückten Seite des Stöpsels zu dem an der anderen Seite; δ der beobachtete Erkaltungs-Effect; t die Temperatur (C°) des Bades, und K die Wärmecapacität eines Pfundes vom Gase unter einem constanten Druck, der dem an der wenig gedrückten Seite des Stöpsels gleich ist. Um diese Gleichung aufzustellen ist nur zu bemerken nöthig, dafs $K\delta$ die Wärme ist, die man jedem Pfunde des austretenden Luftstromes hinzuzufügen hat, um es auf die Temperatur des Bades zu bringen; es ist dasselbe (nach dem allgemeinen Princip von mechanischer Kraft), was man ihm beim Durchgang durch den Stöpsel hinzuzufügen hätte, damit er den Stöpsel ohne Temperaturveränderung verlasse. Wir haben daher $K\delta = -H$, in Gliedern der in der erwähnten Stelle benutzten Bezeichnung.

Nach der obigen Hypothese (dafs das Gas die gewöhnlichen Compressions- und Expansionsgesetze befolge) würde $\frac{\delta}{\log P}$ gleich seyn für alle Werthe von P; allein Regnault hat gezeigt, dafs die Hypothese nicht strenge richtig ist für atmosphärische Luft, und unsere Versuche zeigen, dafs

1) *Dynamical Theory of Heat, equation* (7) §. 80, *Transact. of the Roy. Soc. Edinb. Vol. XX, p.* 297.

$\frac{\delta}{\log P}$ zunimmt mit P. Folglich mufs man, bei Reduction der Versuche, zuerst eine Berichtigung anbringen, um die Abweichungen des gebrauchten Fluidums von dem Gasgesetz, so weit sie bekannt sind, in Rechnung zu ziehen, und dann kann der Werth von μ bestimmt werden. Die Formel, durch welche dieses sich thun läfst, ist die folgende [1]):

$$\frac{1}{\mu} = \frac{\frac{1}{J}\left[w - (p'u' - pu)\right] + K\delta}{\frac{dw}{dt}}, \text{ wo } w = \int_u^{u'} p\, dv.$$

u und u' bezeichnen die Volume eines Pfundes des Gases respective bei dem hohen und dem niederen Druck, und bei derselben Temperatur (der des Bases), und v das Volum eines Pfundes von ihm bei dieser Temperatur und unter einem intermediären Druck p. Ein Ausdruck für w für irgend eine Temperatur kann abgeleitet werden aus einer empirischen Formel für die Compressibilität der Luft bei derselben Temperatur und zwischen den Druckgränzen bei dem Versuch.

Der Apparat, den wir uns mit Hülfe einer Bewilligung seitens der K. Gesellschaft haben verschaffen können, besteht hauptsächlich aus einer Pumpe, mittelst welcher die Luft durch eine Reihe von Röhren getrieben werden kann, die zugleich als Behälter für dieselbe dienen und als ein Mittel, ihr jede erforderliche Temperatur mitzutheilen. Dillen und poröse Stöpsel wurden angewandt, um die Luft gegen die Kugel eines Thermometers zu treiben.

Die Pumpe a (Fig. 44, Taf. III) besteht aus einem gufseisernen Stiefel von 6 Zoll innerem Durchmesser, in welcher ein Kolben (Fig. 45) mit spiralförmiger metallener Liederung (von reibungswidrigem Metall) durch die directe Wirkung des Balanciers einer Dampfmaschine mit einer Hubhöhe von 22 Zoll arbeitet. Die Pumpe ist eine ein-

1) *Dynamical Theory of Heat, equation* (*f*) §. 74 *or equation* (17) §. 95 *and* (8) §. 89.

stieflige, die Luft tritt durch die Grundfläche des Cylinders ein, wenn der Kolben steigt, und wird in die Röhren getrieben, wenn er niedergeht. Der Regulator der Dampfmaschine beschränkt die Anzahl der vollständigen Hube der Pumpe auf 27 in der Minute. Die Ventile (Fig. 46) bestehen aus losen Messingkugeln von 0,6 Zoll Durchmesser, welche durch ihr eigenes Gewicht auf die 0,45 Zoll im Durchmesser haltenden Oeffnungen niederfallen. Der Stiefel und die mit ihm verbundenen Ventile waren unter Wasser getaucht, um Beschädigungen (*wear and tear*) zu verhüten, die aus einer veränderlichen und zu erhöhten Temperatur entspringen möchten.

Gezogene Eisenröhren *b b* (Fig. 44) von 2 Zoll innerem Durchmesser führten die comprimirte Luft sechs Fuſs weit, dann zu einer Höhe von 18 Fuſs und darauf wieder 23 Fuſs fort in die kupferne Röhre *cc*; die Verbindung war gemacht mittelst eines Kuppels-Gelenks (*coupling-joint*). Die kupferne Röhre, welche 2 Zoll inneren Durchmesser und 74 Fuſs Länge hat, bildet zwei Schlangen (*coils*), jede eingetaucht in eine Holzwanne von 4 Fuſs Durchmesser, von deren Wandungen sie 6 Zoll absteht. Die Schlangen sind verbunden durch ein Kuppel-Gelenk *d*, neben welchem ein Hahn *e* ist, um einen Theil der Luft herauszulassen, wenn eine Erniedrigung des Drucks verlangt wird. Die zweite Schlange hat ein Seitenstück (*flange*) *f*, an welchem jede erforderliche Dille mittelst Schraubenbolzen befestigt werden kann. Nahe bei dem Seitenstück ist eine kleine Röhre *g* angeschraubt, an deren Ende eine gebogene und zum Theil mit Quecksilber gefüllte kalibrirte Glasröhre (in Fig. 47 zu sehen) dicht eingesetzt ist. Ein Hahn bei *h* und ein anderer in der kleinen Seitenröhre erlauben jeder Zeit die Luft auszulassen, um den Zustand des Manometers (*gauge*) zu untersuchen, wenn es durch einen ausnahmweisen atmosphärischen Druck nicht influencirt ist. [illegible] Seitenröhre dient auch dazu, bei jedem Versuch eine [illegible] Probe Luft zur chemischen Analyse herauszulassen. [illegible] Röhre, *j*, ist so vorgerichtet, daſs mit[illegible] Kautschukgel[illegible]

leicht eine Communication hergestellt werden kann, um die aus der Dille strömende Luft in das Gasometer *k* zu führen, welches eine Räumlichkeit von 40 Kubikfuſs hat und sorgfältig graduirt ist. Ein gebogenes Glasrohr *l*, oben am Gasometer und ein wenig Wasser enthaltend, zeigt den zuweilen stattfindenden geringen Unterschied zwischen dem inneren und äuſseren Luftdruck an. Erforderlichen Falls wird eine gezogene Eisenröhre *m* von 1 Zoll Durchmesser gebraucht, um das elastische Fluidum aus dem Gasometer in den Austrocknungsapparat und von da in die Pumpe zu führen, so daſs es durch den ganzen Apparat circulirt.

Wir haben schon darauf hingewiesen, welche verschiedenen thermischen Effecte von dem Ausströmen der Luft aus einer einzigen engen Oeffnung zu erwarten sind. Sie sind einerseits *Kälte* wegen des Verbrauchs von Wärme bei Ausübung der Kraft, der Luft mittelst Ausdehnung eine rasche Bewegung mitzutheilen, — und andrerseits *Wärme* wegen Widerverwandlung der lebendigen Kraft der ausströmenden Luft in Wärme. In 2 bis 3 Zoll Abstand von der Oeffnung heben die beiden entgegengesetzten Effecte einander fast auf, hinterlassen indeſs einen geringen Ueberschuſs vom erkältenden Effect; allein dicht bei der Oeffnung sind die Temperaturveränderungen auſserordentlich, wie aus folgenden Versuchen erhellen wird.

Eine dünne Kupferplatte, in deren Mitte ein Loch von $\frac{1}{20}$ Zoll Durchmesser gebohrt worden, war an das Seitenstück (*flange*) geschraubt und die Fuge durch Kautschuk luftdicht gemacht. Bei der gewöhnlichen Geschwindigkeit der Pumpe war die Oeffnung hinreichend die ganze Luftmenge zu entladen, sobald der Druck auf 124 Pfund pro Quadratzoll gelangt war. Bei Versuchen mit geringeren Drucken wurde jedoch der Hahn *e* theilweise offen gelassen. Das angewandte Thermometer hatte einen kugelförmigen Behälter von 0,15 Zoll Durchmesser. Es wurde so dicht als ohne Berührung des Metalles möglich war an die Oeffnung gehalten und darauf die folgenden Versuche bei verschiedenen Drucken gemacht, wobei das Wasser, worin die

Schlangenröhren eintauchten, die Temperatur 22° C. hatte. Die Luft war getrocknet und von Kohlensäure befreit worden, indem man sie vor dem Eintreten in die Pumpe durch ein mit Aetzkali gefülltes Gefäfs von 4½ Fufs Länge und 20 Zoll Durchmesser getrieben hatte.

Gesammtdruck der Luft in Pfd. auf d. Quadratzoll.	Temperatur in Centigraden.	Erniedrigung unter die Temp. d. Bades.
124	8°,58	13°,42
72	11 ,65	10 ,35
31	16 ,25	5 ,75

Der wärmende Effect wurde folgendermafsen nachgewiesen. Die Kugel des Thermometers wurde in ein Stück einer konischen Guttapercha-Röhre dergestalt eingesteckt, dafs zwischen ihr und der Innenseite der Röhre ein äufserst enger Durchgang blieb. So aufgestellt wurde das Thermometer in 0,5 Zoll Abstand von der Oeffnung gehalten, wie es Fig. 48 Taf. III zeigt. Die Resultate waren folgende:

Gesammtdruck der Luft in Pfd. auf d. Quadratzoll.	Temperatur in Centigraden.	Erhebung über d. Temp. d. Bades.
124	45°,75	23°,75
71	39 ,23	17 ,23
31	26 ,2	4 ,20

Zu bemerken ist, dafs die obigen thermischen Effecte nicht als Maximum-Resultate zu betrachten sind, die von der unter dem genannten Druck ausströmenden Luft erhalten werden können. Die Bestimmung dieser, in der Form des oben gegebenen Versuchs, wird durch mehre Umstände verhindert. Besonders ist zu bemerken, dafs die abkühlenden Wirkungen verringert seyn müssen in Folge der Wärme, die durch Reibung der gegen die Kugel des Thermometers strömenden Luft entwickelt wird. Die wärmenden Wirkungen, als hervorgehend aus der Absorption und Verwandlung der lebendigen Kraft in Wärme, hängen sehr ab von der Enge des Raumes zwischen dem Thermometer und der Guttapercha-Röhre. Wir beabsichtigen künftig auf diesen Gegenstand zurückzukommen, wollen indefs für jetzt drei Versuchsformen mittheilen, durch

welche sich der wärmende Effect sehr auffallend und lehrreich zeigen läfst.

Versuch 1. — Zeigefinger (*finger*) und Daum werden über die Mündung gebracht, wie es Fig. 49 Taf. III vorstellt, so dafs bei allmählicher Zusammenbiegung derselben der Luftstrom abgekneipt wird. Man wird finden, dafs sich dem eine bedeutende Kraft entgegensetzt, die mit dem angewandten Druck wächst. Zugleich fühlt man eine zitternde Bewegung und hört ein schrillendes Geräusch, während die erzeugte Wärme in fünf bis sechs Secunden nöthigt, den Versuch abzubrechen.

Versuch 2. — Man setzt den Finger auf die Mündung und drückt bis zwischen ihm und der Kupferplatte eine dünne Luftschicht entweicht, Fig. 50 Taf. III. In diesem Fall ist die, trotz der Nähe des Fingers an dem kalten Metall, brennende Hitze der ausströmenden Luft sehr merkwürdig.

Versuch 3. — Ein dickes Stück Kautschuck wird mit dem Finger auf die enge Mündung gedrückt, so dafs zwischen demselben und der Kupferplatte ein dünner Luftstreif ausströmen kann, Fig. 51 Taf. III. Hiebei steigt das Kautschuck schnell auf eine Temperatur, welche das Anfassen desselben unangenehm macht.

Wir haben nun genug angeführt, um die ungeheuren und plötzlichen Temperaturveränderungen, welche in den »Stromschnellen« (*»rapids«*) eines Luftstroms vorkommen, zu erläutern, Veränderungen, welche die Anwendung eines porösen Pflocks nothwendig machen, um die Luft bei ihrer Ankunft am Thermometer in einen gleichförmigen Zustand zu versetzen. Die Fig. 47 und 52 Taf. III zeigen unsere erste Einrichtung des porösen Pflocks; *n* ist ein messingenes Gufsstück mit Ansatz (*brass castings with flange*), um an die Kupferröhre geschraubt werden zu können. Es hat acht Knöpfe (*studs*) *o* und acht Löcher *pp*, gebohrt in den inneren Theil des Ansatzes. Diese Knöpfe und Löcher liefern die Mittel die poröse Substanz (hier Baumwolle) festzuhalten, indem man sie mit Zwirn dicht

niederbindet. Die unmittelbare Berührung der Baumwolle mit dem Metall ist durch Einschiebung eines Stücks einer Kautschuckröhre verhindert. *qqq* sind drei in einander geschobene Stücke einer Kautschuckröhre, von welchen das innere die Glasröhre *r* aufnimmt, welche die Thermometerscale sehen läfst, und dazu dient, die Luft zu dem Gasometer zu führen. In den sogleich anzuführenden Versuchen berührte das Thermometer unmittelbar den Baumwollenpflock, wie die Figur zeigt, und die Dille war bis zu der Linie *s* in das Bad getaucht. Die Baumwolle wog im trocknen Zustande 251 Gran, hatte das spec. Gewicht 1,404 und war auf einen Raum von 1,5 Zoll im Durchmesser und 1,9 Zoll in Länge zusammengeprefst; die für den Durchgang der Luft gelassene Oeffnung war im Volumen gleich einer Pfeife von 1,33 Zoll Durchmesser.

Erste Reihe. Atmosphärische Luft, durch Aetzkalk getrocknet und von Kohlensäure befreit. Manometer 73,6. Barometer 30,04 = 14,695 Pfd. Druck auf den Quadratzoll.

Manometer.		Gesammtdruck auf d. Quadratzoll. Pfunde.	Kubikzolle Luft, ausströmend in der Minute, reducirt auf atmosphär. Druck.	Temperatur des Bades [1]). Thermometer No. 1 °C.		Temperatur der ausströmenden Luft. Thermometer No. 2 °C.		Kälte-Effect.
37,5	37,7	35,854	12703	445	445,6 = 18°,2676	414	414,35 = 17°,8298	0°,4378
37,5				445,5		414		
38				445,9		414,6		
37,8				446		414,8		
38	37,9	35,647	12703	446,1	446,65 = 18 ,3128	415,4	416,45 = 17 ,9295	0 ,3833
38				446,6		416		
37,8				446,8		416,8		
38				447,1		417,6		
38	37,69	35,866	12703	447,2	447,62 = 18 ,3545	418	418,15 = 18 ,0110	0 ,3435
37,75				447,5		418,2		
37,5				447,8		418,4		
37,5				448		418		

1) Durch Veränderung der Temperatur des Wassers, in welches die Schlangenröhren getaucht waren, fand sich, daſs die Temperatur des die erste Röhre umgebenden Wassers keinen merklichen Einfluſs ausübte und die Temperatur der ausströmenden Luft gänzlich durch die der letzten Schlangenröhre geregelt wurde. Doch befolgte man die Vorsicht, beide Röhren auf nahe gleiche Temperatur zu halten.

Eine Liebig'sche Röhre enthaltend Schwefelsäure von 1,8 spec. Gewicht, nahm 0,03 Gran zu, als während des Versuchs 100 Kubikzoll Luft durch sie geleitet wurde.

Die obigen Beobachtungen wurden in Zwischenzeiten von zwei bis drei Minuten angestellt. Bemerken mufs ich, dafs der abkühlende Effect im Anfange der Reihe gröfser erschien als am Ende derselben. Diefs kann gröfstentheils dem Austrocknen der Baumwolle zugeschrieben werden, denn es fand sich nach Aussetzung an die Luft, dafs sie wenigstens 5 Procent Feuchtigkeit enthielt. Eine andere die Genauigkeit der Resultate störende Quelle lag in einem bedeutenden Schwanken des Drucks in Folge der Wirkung der Pumpe. Wir hatten bemerkt, dafs wenn wir die Anzahl der Hübe der Maschine plötzlich von 27 auf 25 in der Minute verringerten, das Thermometer um einige Hundertel eines Centigrades fiel, was offenbar daraus entsprang dafs die gesammte Luftmasse in den Schlangenröhren und den Baumwollenpflöcken eine Ausdehnung erlitt, ohne für das Entweichen des erfolgenden thermischen Effects Zeit zu lassen. Hiedurch ergab es sich als durchaus nothwendig, die Pumpe in einem vollkommen gleichförmigen Gang zu erhalten. Aus einem ähnlichen Grunde war es auch höchst wichtig, die aus dem Spiel der Pumpe entspringenden Druckschwankungen zu verhüten, besonders da es klar schien, dafs die Wärme, welche entwickelt wurde, wenn die Pumpe frische Luft lieferte und dadurch den Druck vergröfserte, in gröfserem Verhältnifs zum Thermometer gelangte als die Kälte, welche bei der darauf folgenden allmählichen Ausdehnung entstand. In der That als man bei einem Versuch, bei welchem die Luft unter niedrigem Druck gehalten wurde, eigends zu dem Zweck einen Hahn öffnete und dadurch eine Schwankung des Drucks von $\frac{1}{20}$ des Ganzen hervorbrachte, fand sich, dafs, statt eines kleinen Kälte-Effects, ein scheinbarer Wärme-Effect von 0°,2 C. erfolgte.

Es wurde nothwendig, die obige Fehlerquelle zu vermeiden, und die zu diesem Behuf zuerst angewandte Methode bestand darin, ein kupfernes Diaphragma mit einem Loch von $\frac{1}{7}$ Zoll Durchmesser in der Mitte, an der Verbindung der Eisen- und Kupferröhre anzubringen. Das Schwanken wurde dadurch so verringert, dafs es kaum wahrnehmbar war; wir machten dann folgende Beobachtungen.

Zweite Reihe. Atmosphärische Luft durch Aetzkalk getrocknet und von Kohlensäure befreit. Manometer 73,75. Barometer 30,162 = 14,755 Pfd. Druck auf den Quadratzoll. Thermometer 19°,3 C.

Manometer.		Gesammtdruck auf d. Quadratzoll. Pfunde.	Kubikzolle Luft ausströmend in der Minute beim atmosphär. Druck.	Temperatur des Bades. Thermometer No. 1 °C.		Temperatur der ausströmenden Luft. Thermometer No. 2 °C.		Kälte-Effect.
39	38,65	36,069	11796	467	467,02 = 19°,186	434,6	434,9 = 18°,810	0°,377
38,6				467		435		
38,5				467		435		
38,5				467,1		435		
38,5	38,79	35,912	11796	467,1	467,2 = 19 ,194	435,1	435,37 = 18 ,832	0 ,362
38,8				467,2		435,4		
38,8				467,2		435,6		
38,75				467,3		435,4		
38,8	38,8	35,900	11796	467,3	467,37 = 19 ,202	435,6	435,82 = 18 ,854	0 ,348
38,8				467,4		435,8		
38,8				467,4		435,9		
38,8				467,4		436		

Befürchtend, dafs Theilchen von dem zum Einschmieren der Pumpe angewandten Wallrathöl mechanisch nach dem Baumwollenpflock getrieben wären und die Resultate beeinträchtigt hätten, nahmen wir nun, statt des bei der letzten Reihe angewandten Diaphragmas, eine Büchse mit durchlöcherten Kappen, gefüllt mit Baumwolle. Bei dieser Einrichtung hielt sich der Druck so gleichförmig wie bei der anderen, und alle starren und flüssigen Theilchen wurden durch Filtration zurückgehalten.

Dritte Reihe. Atmosphärische Luft, durch Aetzkalk[1]) getrocknet, von Kohlensäure befreit und durch Baumwolle filtrirt. Manometer 73,7. Thermometer 21°,7 C. Barometer 30,10 = 14,71 Pfd. auf den Quadratzoll.

Beobachtungs-zeit.	Manometer.		Gesammtdruck auf den Quadratzoll. Pfunde.	Kubikzolle Luft ausströmend in der Minute bei atmosphär. Druck.	Temperatur des Bades. Thermometer No. 1 °C.		Temperatur der ausströmenden Luft. Thermometer No. 2 °C.		Kälte-Effect.
3′	39	39,2	34,410	11784	357,7	357,92 = 14°,506	337,35	337,89 = 14°,183	0°,323
6	39,1				357,8		337,8		
9	39,5				358		338		
12	39,2				358,2		338,4		
15	39,1	39,19	34,418	11734	358,7	358,97 = 14 ,552	338,8	338,85 = 14 ,230	0 ,322
16	39,35				358,9		338,7		
18	39,1				359,1		339		
21	39,2				359,2		338,9		
23	39,2	39,18	34,426	11784	359,4	359,72 = 14 ,584	339,25	339,69 = 14 ,270	0 ,314
25	39,1				359,7		339,8		
28	39,2				359,8		339,7		
30	39,2				360		340		
32	39,5	39,34	34,279	11784	360,1	360,27 = 14 ,607	340	340,25 = 14 ,296	0 .311
34	39,3				360,2		340,2		
36	39,25				360,4		340,4		
38	39,3				360,4		340,4		

1) Der Gebrauch des Aetzkalks als austrocknendes Mittel ist uns von Hrn. Thomas Ransome angerathen worden. Er entspricht seinem Zweck bewundernswerth, nachdem er durch den Gebrauch zu einem feinen Pulver zerfallen ist. Die Vollkommenheit seiner Wirkung zeigte sich durch den austrocknenden Cylinder, der, nachdem er zwei Stunden gebraucht worden, am unteren Theile kalt geblieben, während der obere auf etwa 9 Zoll sehr heifs war. Die Zerlegung der Luft, die bei der dritten Versuchsreihe durchgeleitet worden, zeigte, dafs eine der Liebig'schen Röhren durchaus keine Gewichtszunahme erfahren hatte; und einmal beobachteten wir, dafs die Schwefelsäure von 1,8 spec. Gewicht wirklich an Gewicht verloren hatte, anscheinend zeigend, dafs die durch Aetzkalk getrocknete Luft im Stande war der Säure von jener Dichte Wasser zu entziehen.

Nachdem der Hahn zur Verminderung des Drucks theilweise geöffnet worden, wurden die Beobachtungen fortgesetzt wie folgt.

Beobachtungszeit.	Manometer.		Gesammtdruck auf den Quadratzoll. Pfunde.	Temperatur des Bades. Thermometer No. 1. ° C.		Temperatur der ausströmenden Luft. Thermometer No. 2. ° C.		Kälte-Effect.
0h 50′	55,1			361,7		344		
52	55,1			361,9		344,8		
54	55,1			361,9		345,3		
55	55,1			361,9		345,8		
57	55,1			362,1		346,0		
59	55,1	55,12	22,876	362,3	362,26 = 14°,693	346,4	346,19 = 14°,579	0°,114
1 1	55,1			362,4		346,9		
3	55,1			362,7		347,2		
5	55,1			362,7		347,6		
7	55,3			363		347,9		
11	54,3			363,3		348,9		
13	54,4			363,3		348,9		
15	54,4			363,5		349,2		
17	54,7			363,7		349,4		
19	54,5	55,51	23,217	363,9	363,82 = 14 ,760	350	349,74 = 14 ,749	0 ,011
20	54,5			364,1		350		
22	54,6			364,2		350,3		
24	54,6			364,2		350,4		
26	54,6			364,2		350,6		

Beobachtungszeit.	Manometer.		Gesammtdruck auf den Quadratzoll. Pfunde.	Temperatur des Bades. Thermometer No. 1 °C.		Temperatur der ausströmenden Luft. Thermometer No. 2. °C.		Kälte-Effect.
[illegible]	54,6			375		356,4		
[illegible]	54,6			375,4		358,2		
[illegible]	54,2			375,4		359,6		
[illegible]5	54,3			375,5		359,4		
[illegible]7	54,4	54,38	23,277	375,8	375,7 = 15°,270	360	360 = 15°,238	0°,032
39	54,6			375,7		360,1		
40	54,3			375,8		360,3		
42	54,5			376		360,4		

Bei dem obigen Versuch gingen 100 Kubikzoll Luft langsam durch zwei Liebig'sche Röhren [illegible] Schwefelsäure von 1,8 spec. Gewicht. Die erste Röhre nahm 0,006 Gran zu, die zw[illegible]ielt genau ihr Gewicht.

P. S. 14 Oct. 1853. — Durch künftige Versuche, die wir der K. Gesellschaft vorzulegen [illegible] sind die scheinbar anomalen Resultate der letzten Tafel vollständig erklärt und als entstanden [illegible] der Druckveränderung, welche gegen Anfang der Zwischenzeit von 42' zu 50' stattfand, nachgewiesen worden.

IV. *Ein optisch-mineralogisches Aufschraube-Goniometer; von W. Haidinger.*

(Mitgetheilt vom Hrn. Verf. aus d. Sitzungsbericht. d. Wien. Akad. 1855. Nov.)

Vieles liefse sich in kürzerer Zeit erreichen, wenn man sich rasch zum Handeln entschlösse, ohne erst viel abzuwarten, was von anderen Seiten geleistet werden wird. Der Apparat, den ich heute der hochverehrten Klasse vorzulegen die Ehre habe, ist ein sprechendes Beispiel. Aber Vieles mufs auch vorgearbeitet seyn, um einen Entschlufs herbeizuführen. Manche Besprechungen mit meinem hochverehrten Freunde Hrn. Dr. Grailich hatten in mir den Wunsch zur That gesteigert, mein Wollaston'sches Goniometer von Cary in London mit mehreren Abänderungen durch unseren trefflichen Optiker Prokesch umzubauen, wobei Hr. Dr. Grailich selbst freundlichst die Leitung übernahm. Aber auch in seiner veränderten Gestalt ist es nur in einigen Richtungen verwendbar. Der Anwesenheit des ausgezeichnet scharfsinnigen und rasch zur Arbeit greifenden Mechanikers, früher am k. k. physikalischen Institute, Hrn. Siegfried Marcus in Wien, verdanke ich aber die Anregung, doch wieder den Aufbau eines ganz neuen Apparates zu unternehmen, nachdem früher mifslungene Versuche meine Wünsche und Erwartungen nur zu sehr gedämpft hatten. Auch ist der unvermeidliche Kostenpunkt eine sehr wohl zu beherzigende Frage, für welche in unseren Verhältnissen der Naturforscher gar ungünstig gestellt ist.

Es ist immer eine zeitgemäfse Aufgabe für die Befriedigung wahrer Bedürfnisse zu sorgen, und namentlich sollten wir diefs für jene Generation, welche nach uns kommt, und ich wünsche, dafs das, was ich hier vorlege, viele Anwendung finden möge, so wie ich es in vielen Fällen hätte selbst benutzen können, wozu mir nun freilich immer weniger Hoffnung bleibt.

Der neue Apparat, neu in Bezug auf die Gesammtheit der Zusammenstellung, denn das Einzelne ist mannigfaltig bereits angewendet worden, soll die wichtigsten Fragen in Bezug auf Winkelmessungen an Krystallen mit hinlänglicher Schärfe beantworten, dabei bequem und leicht zu handhaben seyn und endlich weniger kostspielig als so manche andere, die zum Theil in Besitz von physikalischen Museen keine hinlänglich verbreitete Anwendung finden. Die folgenden sind die wichtigsten Aufgaben, die dem practischen Mineralogen vorkommen:

1) Messung der Winkel, welche zwei Krystall- oder Theilungsflächen einschliefsen, an Krystallen oder Theilen derselben.
2) Messung der Strahlenbrechung. Brechungsindex für den ordinären und extraordinären Strahl, überhaupt der Gränzwerthe.
3) Messung des Winkels, welchen die optischen Axen innerhalb des Krystalles einschliefsen.
4) Messung des Winkels, welchen bei den augitischen und anorthischen Krystallen die Elasticitätsaxen mit den festen krystallographischen Linien, Kanten oder Axen einschliefsen.

Für jede dieser vier Richtungen der Untersuchung wird der Apparat besonders modificirt und zusammengestellt.

1. *Krystallwinkel.* Zur Messung der Winkel ist der Apparat, abgesehen von dem Arme *XY*, in Fig. 1 Taf. V zusammengestellt. Die Säule *AB* wird bei *A* fest an einen Tisch angeschraubt. Zwischen *B* und *C* ist ein gleichfalls angeschraubter Cylinderstift, auf den sowohl der eigentliche Mefsapparat *ED*, als auch das Fernrohr mit Fadenkreuz *C* aufgeschoben wird, und welche dann mit den Schrauben *F* für das Fernrohr *C*, und *D* für den eingetheilten Kreis festgestellt werden. Das Aufschrauben bei *A* halte ich für sehr wichtig, und eigentlich bildet es den Charakter des Apparates, von dem ich auch die Benennung entlehnte. Ich glaube aus dem Herzen mancher Fachgenossen zu sprechen, wenn ich den vielfältig belegten Raum alles dessen

bezeichne, was man Tisch nennen kann; aber eine Ecke, eine die paar Quadratzoll leere Fläche um den Apparat aufzunehmen, hat doch Jedermann, und dieser ist dann noch dazu unbeweglich und so fest gestellt wie der Tisch selbst, der ihn trägt. Der Tisch hat eine leicht zu erreichende horizontale Oberfläche; es ist Sache des Mechanikers, Alles so zu arbeiten, dafs die Säule *CBA* vollkommen vertical und die Kreisscheibe *E* mit der Gradeintheilung vollkommen horizontal sey. Ist auch keine Wasserwaage zur Controle angebracht, so ist ein Fehler wegen Abweichung von der Senkrechten doch gewifs sehr gering, denn für einen zu messenden Winkel von 90° beträgt der Fehler erst 0,1′, wenn die Abweichung von der Senkrechten 1° 24′ erreicht. Der Krystallträger *G* Fig. 1 ist in Fig. 2 Taf. V in natürlicher Gröfse gezeichnet. Bei *L* wird er in die bewegliche Alhidade der Fig. 1, welche einen Nonius trägt, eingeschraubt, so dafs der Theil *JKL* fest mit derselben verbunden ist. In der kugelförmig ausgedrehten Schüssel *JK* pafst der Kugelabschnitt *GH* vollkommen durch Reibung ein, ein Minimum von Oel giebt ihm den gewünschten Grad von Adhäsion. Die Spitze *M*, wo der Krystall mit Wachs angeklebt wird, ist etwas unter dem Mittelpunkt der Kugel, von welcher *GH* einen Oberflächen-Abschnitt darstellt. Der aufgeklebte Krystall ist also bereits vollkommen centrirt und kann leicht, ohne dafs er aus dem Mittelpunkte der Drehung herauskommt, in die erforderliche spiegelnde Lage gebracht werden. Wir verdanken diese höchst einfache und sinnreiche Vorrichtung unserem hochverehrten Collegen und Freunde Hrn. Professor und Ritter Petzval. Sie wurde schon vor zehn Jahren an dem Goniometer des damaligen k. k. montanistischen Museums nach seiner Angabe ausgeführt. Sie ist uns ein wehmüthiges Andenken zugleich an einen hoffnungsvollen jungen Naturforscher, der uns leider so bald darauf durch den Tod entrissen wurde, Hrn. Dr. Joseph Springer, unter dessen specieller Sorge die Arbeit geschah. Diese vortreffliche Vorrichtung giebt den Goniometern mit horizontaler getheilter

Kreisscheibe einen grofsen Vorzug vor denen mit verticalem Kreise. Die Messung des Winkels ist nun vorbereitet. Der Kreis ist von 0° bis 360° getheilt.

2. *Strahlenbrechung.* Man kann schon mit der Zusammenstellung Fig. 1 mit drehbarer Alhidade und feststehendem Fernrohr oder Absehen den Winkel der Minimum-Ablenkung des gebrochenen Strahles messen. Man mufs zu diesem Zwecke den Ort des leuchtenden Gegenstandes oder Lichtspaltes, O, sowie den Ort des hellsten Punktes des Spectrums S durch geeignete Vorrichtungen, etwa durch dahinter gestellte Lichtspalte, fest bezeichnen und sodann die Winkelentfernung beider vermittelst eines dritten hellen Lichtpunktes J durch Spiegelung messen, indem man das Bild von L nach und nach mit O und mit S zum Zusammenfallen bringt. Man liest auf diese Weise einen Winkel $=\psi$ ab, der die Gröfse der Hälfte der Minimum-Abweichung mifst. Man hatte in derselben Stellung auch die brechende Kante $=\varphi$ gemessen und findet nun den Brechungsexponenten nach der Formel $n=\frac{\sin(\frac{1}{2}\varphi+\psi)}{\sin\frac{1}{2}\varphi}$.

Aber man kann auch unmittelbar das Fernrohr auf den Lichtspalt und das Spectrum einstellen, also den Winkel der kleinsten Abweichung unmittelbar messen, indem man, dem Babinet'schen oder Gambey'schen Goniometer analog, dem Fernrohre C eine excentrische Stellung giebt, während der Krystallträger G in der Axe befestigt wird. Dazu dient die Vorrichtung Fig. 3 Taf. V. Man beginne mit der Vorrichtung Fig. 1. Man schraube nun sowohl das Fernrohr C als den Petzval'schen Krystallträger G ab. Letzterer war in die Nonius-Alhidade eingeschraubt und mit derselben drehbar gewesen. Nun schraubt man von unten an den festsitzenden Apparat das Stück NO an, zu welchem Zwecke schon Alhidade und Kreis eine durchbohrte Axe haben. Auf die nun feste Axe wird bei O der Krystallträger aufgeschraubt. In die zu dem Zwecke vorgerichtete Oeffnung P kommt ein Stift, auf welchen bei Q

mit einer dazu bestimmten Röhre das Fernrohr aufgesteckt und mit einer Schraube angezogen wird. Nun ist also der Krystall fest und das Fernrohr rundherum beweglich. Man erhält bei einer Centrirung des Krystalls durch zwei Mefs-Operationen den Kantenwinkel φ und den Winkel der kleinsten Abweichung ψ. Der Exponent folgt nach der Formel $n = \frac{\sin(\frac{1}{2}\varphi + \frac{1}{2}\psi)}{\sin\frac{1}{2}\varphi}$. Die kleinste Abweichung findet man nämlich, wenn man nach einander das Fernrohr auf den gewählten Punkt des Spectrums und auf die Lichtlinie des einfallenden Strahles einstellt, den Kantenwinkel aber, indem man es nach einander auf die gleichen Linien in den Bildern einstellt, welche durch die beiden Flächen, deren Winkel gesucht wird, von einem entfernten Gegenstande zurückgeworfen werden. Anstatt des Fernrohres genügt für die Messung der kleinsten Abweichung sehr oft ein Diopterspalt.

Um einen Krystall nach seinen Elasticitätsaxen zu kennen, nämlich den Geschwindigkeiten in den Richtungen senkrecht auf denselben, mithin auch nach den drei Brechungs-Exponenten, möge hier die Bemerkung angeschlossen werden, dafs man dazu sehr vortheilhaft und übersichtlich sich aus Einem Krystalle das dazu erforderliche Object schleifen kann, wenn man von einem rechtwinkeligen Prisma ausgeht, das der einen Elasticitätsaxe parallel ist und dessen Seiten senkrecht auf den beiden anderen Elasticitätsaxen stehen. Man giebt ihnen eine der beiden Formen Fig. 4 oder Fig. 5 Taf. V. Im ersten Falle sind die beiden zu oberst und zu unterst liegenden die brechenden Kanten; in Fig. 5 dagegen treffen sich die beiden brechenden Prismen in der Spitze. In beiden Fällen erhält man den Exponenten für die Axe a zwei Mal, den für die Axen b und c ein Mal.

3. *Winkel der optischen Axen.* Bekanntlich können diese gemessen werden, indem man nach einander zwischen gekreuzten Turmalinen, oder in irgend einem anderen Polarisations-Apparate die Ringe der beiden Axen nach einander in dieselbe Lage bringt und den Drehungswinkel

anmerkt. Eine eigene Zusammenstellung an dem Apparate wird zu diesem Zwecke angewandt. Zur Erklärung beginne man wieder mit der Fig. 1. Zuerst wird der Krystallträger *G* und das Fernrohr *C* abgeschraubt. Anstatt des ersteren aber von der unteren Seite her, wird nun ein anderer Krystallträger Fig. 6 Taf. V mit dem Ende *R* eingeschraubt, der gewissermafsen als das Gegenstück des oben erwähnten Petzval'schen Krystallträgers betrachtet werden kann, indem zwar die Kugelbewegung beibehalten ist, aber die äufsere Kugelschale *SS* um die innere *TT* beweglich, während dort die innere *GH* beweglich, die äufsere *JK* fest war. In der Axe ist eine kleine Zange *U* angebracht, in welche man zwischen Beilagen von Kork *V* die zu untersuchende Krystallplatte *W* einklemmt. Es leuchtet wohl schon aus der Zeichnung hervor, wie leicht es ist, die Platte in die ungefähre Richtung zu bringen, in der man die beiden Ringsysteme wahrnehmen kann, und wie man sodann vermittelst der Kugelbewegung zwischen den beiden Kugelschalen *SS* und *TT* die genaueste Lage ausfindig macht. Aber man bedarf zu den Messungen noch eines Hülfsmittels, nämlich eines Gefäfses mit Oel gefüllt, in welches die Krystallplatte eingetaucht werden kann, und welches in der Lage *XY* (Fig. 1) auf den Cylinderstift aufgeschraubt wird. Die Krystallplatten zeigen nämlich in der Luft zwischen gekreuzten Turmalinen oder in den gewöhnlichen Polarisationsapparaten nur dann Ringe, wenn diese noch ziemlich kleine Winkel mit einander und mit der Sehaxe einschliefsen, weil der Brechungs-Exponent so grofs ist, dafs sehr bald innere Totalreflexion erfolgt, also kein Strahl mehr aus dem Krystalle herausgeht. Längst hat man daher, um doch die Ringsysteme zu sehen und zu messen, sich des Untertauchens in Oel bedient, der Brechungs-Exponent des Olivenöls ist etwa =1,500, und namentlich hat Hr. Prof. W. H. Miller in Cambridge nicht nur sehr wichtige Messungen der Winkel der optischen Axen, besonders auch an Krystallen des augitischen Systemes ausgeführt, sondern

auch in seiner Mineralogie [1]) erwähnt, dafs man sich dabei einer solchen Vorrichtung am Goniometer bedienen mufs, dafs der Krystall am unteren Ende der Axe der Bewegung befestigt ist.

Das Oelgefäfs im Durchschnitte ist Fig. 7 Taf. V dargestellt. Es ist einen Zoll im Lichten grofs. Man sieht durch Turmalinplättchen, welche so gestellt sind, dafs sie mit ihren Axen ein Mal an der, dem Beobachter zugewandten oder Ocularseite nach ZZ_1 an der abgewandten oder Objectivseite nach AA_1, das andere Mal für eben diese Plättchen nach BB_1 und CC_1 orientirt sind. Die Erscheinungen der Ringe folgen sich bei der verticalen Axe natürlich in der Richtung AA_1. Für die Stellung der Axen der Turmaline nach ZZ_1 und AA_1 sind sie also durch die dunklen Balken verbunden, und daher sehr leicht vermittelst der Kugelbewegung des Krystallträgers genau zu stellen. Für die eigentliche Messung des Axenwinkels werden aber sodann die Turmaline auf die um 45° verschiedene Richtung gerückt, und die Messung an den Scheiteln der Hyperbeln vorgenommen. Als Quelle homogenen Lichtes dient eine Spiritusflamme mit Salz, durch eine Linse concentrirt. Uebrigens lassen sich mannigfaltige Lichtquellen benutzen, namentlich wenn es darauf ankommt, die Lage der Axen für die verschiedenen Farben des Spectrums kennen zu lernen. Die Neigung der »in Oel« gefundenen Axen mufs dann noch mit den mittleren Brechungs-Exponenten reducirt werden, um die Lage der Axen im Krystall zu haben.

Bei der Stellung der Turmaline nach ZZ_1 und AA_1 zeigen einaxige Krystallplatten die Ringe und das Kreuz mit den Balken in denselben Richtungen gestellt. Liegen die Axen der Turmaline in den Richtungen BB_1 und CC_1, so ist auch das Kreuz nach denselben Richtungen orientirt. Dann kann man die Winkeldurchmesser der Ringe ebenfalls leicht durch Drehung der verticalen Axe bestimmen.

1) *Phillip's Mineralog. Edited by H. J. Brooke and W. H. Miller.*

Bei Krystallen, deren Symmetrie schon als unzweifelhaft orthotyp sich herausstellt, mifst man blofs die Axenwinkel, ohne die Lage im Krystall näher in Betracht zu ziehen. Das Letztere aber ist sehr wichtig, wenn sich die Untersuchung auf augitische oder anorthische Krystalle bezieht. In diesen Fällen wird die Platte *FG* Fig. 8 Taf. V zwar zuerst so orientirt, dafs die verticale Axe des Apparates die beiden Ringsysteme nach einander vor das Auge bringt.

Die Messung beginnt aber von der Lage des Plättchens in Fig. 8, wo dasselbe in die Richtung der Gesichtslinie *DE* gebracht wird. Aber das ganze Lichtfeld ist ja dunkel, da die Platte zwischen gekreuzten Turmalinen steht. Um sie dennoch sehen zu können, bringt man vorübergehend eine Glimmerplatte von $\frac{1}{4}$ Undulation, deren Axe eine der Lagen BB_1 oder CC_1 Fig. 7, in die Lage *HJ* Fig. 8, wenn die Axen der Turmaline nach ZZ_1 und AA_1 orientirt sind, wodurch das Feld sogleich hell wird. Wären die Turmaline auf BB_1 und CC_1 gestellt, so mufs die Axe des Glimmerplättchens am besten die Lage ZZ_1 haben. Zwei Glimmerplatten, zwischen Glas geklebt, um die Oberfläche besser zu bewahren, müssen dem Apparate zu diesem Ende beiliegen.

Hat man nun genau die Platte *FG* in der Richtung *DE* Fig. 8 eingestellt, und den Winkel am Nonius abgelesen, so entfernt man die Glimmerplatte wieder, und mifst sodann von beiden Seiten die Winkel *LMD* und *OMD*, welche die Axen »in Oel« mit der Krystallplatte einschliefsen. Sie müssen sodann noch durch den mittleren Brechungs-Exponenten für den Uebergang zwischen dem Oel und dem Krystall auf die wahren Winkel im Innern des Krystalls reducirt werden. Indem man die Winkel der Axen halbirt und sie mit der bezüglichen Lage der letzteren im Innern des Krystalls vergleicht, erhält man auch die Lage der Elasticitätsaxen in Bezug auf die krystallographischen Linien, wenn die beiden Axen *LK* und *NO* in der Ebene der Abweichung der Axen oder der symmetrischen Ebene liegen.

Diese Glimmerplatten dienen gleichfalls, um, mit der Erscheinung der Ringe combinirt, den positiven oder negativen Charakter der Axen zu zeigen.

4. *Messung des Winkels zwischen den Elasticitätsaxen und festen krystallographischen Linien.* Der so eben beschriebene Vorgang giebt die Lage mittelbar. Aber es ist wünschenswerth, an dem Apparate auch eine Vorrichtung zu haben, um sie wie mit v. Kobell's Stephanoskop unmittelbar zu beurtheilen. Dazu braucht man eine Kreisbewegung zwischen feststehenden gekreuzten Turmalinplatten, von welchen die Ocularplatte noch, um die Erscheinung deutlicher zu zeigen, ein Polariskop ist, also zum Beispiel die Turmalinplatte noch mit einer Platte combinirt wird, welche ein kreisförmiges oder elliptisches Ringsystem zeigt. Die mehr auffallenden Bewegungen der schwarzen Balken zeigen deutlicher den Neutralpunkt als die bloſse Schätzung des tiefsten Schwarz. An dem Apparate ist nun die Einrichtung getroffen, daſs an den festen Kreis *ED* Fig. 1 von oben die eine, von unten die andere der Turmalinplatten angeschraubt werden, welche an dem Oelkästchen Fig. 7 in anderer Weise dienen. Die zu untersuchende Krystallplatte aber wird an die den Nonius tragende Albidade angeklebt, und mit derselben der in Frage stehende Winkel gemessen. Man macht nämlich zuerst die an der Krystallplatte vorhandenen festen Linien der 0°—180° Linie der Albidade parallel und dreht dann so lange die letztere sammt dem Krystall herum, bis der schwarze Balken die Lage jener Linie annimmt.

Mit einem Apparate, wie der hier erwähnte, kann man wohl mancherlei Untersuchungen durchführen, die bisher eine gröſsere Anzahl derselben, und dazu noch ziemlich viel höher im Preise stehende erforderten. Aus der Beschreibung schon, so einfach ich sie auch gehalten habe, glaube ich, wird man wohl hinlänglich entnehmen, daſs er sich recht sehr durch seine vielartige und bequeme Anwendbarkeit empfiehlt. Das gröſste Vergnügen würde es mir gewähren, wenn eine Anzahl solcher Apparate, wie sie so

trefflich von Hrn. Marcus gefertigt werden, recht bald in das wirklich arbeitende Publicum kämen.

V. *Ueber die in der Kohlengrube von Harton zur Bestimmung der mittleren Dichte der Erde unternommenen Pendelbeobachtungen; von G. B. Airy.*

(*Proceedings of the R. Society, Vol. VIII, p.* 13. Auszug aus der am 24. u. 31. Jan. d. J. vor d. K. Gesellschaft gelesenen Abhandlung.)

Im ersten Abschnitt dieser Abhandlung setzt der Verf. die auf Rechnung gestützten Gründe auseinander, welche es wahrscheinlich zu machen schienen, dafs der Vergleich der Schwerkraft oben und unten in einem Schacht ein Mittel zu einer Bestimmung der mittleren Dichtigkeit der Erde liefere, die vielleicht die am Shehallien oder in Cavendish's Versuch erhaltene übertreffe. Er wurde dadurch veranlafst erstlich im Sommer 1826 (gemeinschaftlich mit Dr. Whewell) und dann 1828 (mit Dr. Whewell, Hrn. Sheepshanks und Anderen) den Versuch in der Grube Dolcoath bei Camborne in Cornwall anzustellen [1]). Beide Male schlug er fehl, durch Unfälle, die mit dem wesentlichen Theil des Versuchs in keinem Zusammenhang standen. Nach einem Zeitraum von vielen Jahren fand er, dafs mehre Umstände (namentlich die allgemeine Vertrautheit mit der Handhabung eines elektrischen Telegraphen und die Leichtigkeit, denselben zum Vergleiche sehr entfernter Uhren zu benutzen) sehr günstig für eine Wiederholung der Ver-

1) Siehe den Aufsatz des Hrn. Prof. Drobisch (diese Annalen 1827, Bd. X, S. 444) worin derselbe die dieser Methode zum Grunde liegenden (und von ihm schon 1826 in der Schrift: *De vera Lunae figura etc.*, unabhängig von Hrn. Airy entwickelten) Principien auseinandersetzt und von den erwähnten Versuchen Nachricht giebt. *P.*

suche waren, und da er die Kohlengrube Harton, unweit South Shields, sehr geeignet dazu gefunden, indem sich daselbst zwei Standpunkte fanden, die in einer selben Verticale einen Höhenunterschied von 1256 Fufs darboten, auch die Eigner der Grube zu jeder Hülfsleistung bereit waren, so begann er mit den Versuchen im September und October 1854.

Die angewandten Instrumente waren hauptsächlich zwei, der K. Gesellschaft zugehörige und von Hrn. Simms höchst sorgfältig ausgebesserte, lose (*detached*) Pendel auf eisernen Stativen; graduirte Bogen, Barometer, Thermometer u. s. w.; zwei Pendeluhren, eine davon der K. Gesellschaft gehörig, welche zu diesem Behufe auf den Ansätzen des Pendels (*Pendulum bobs*) mit geneigten vergoldeten Reflectoren versehen waren, um mittelst Lampenlicht, welches durch Oeffnungen in der Seite des Uhrengehäuses einfiel, beleuchtet zu werden; Galvanometer, die an den Uhrgehäusen befestigt und mit Stromunterbrecher versehen waren; eine galvanische Batterie an der oberen Station; eine gewöhnliche Pendeluhr (*journeman-clock*) an der oberen Station, versehen mit einem Apparat, durch welchen sie alle 15 Secunden ihrer eignen Zeit die galvanische Kette schlofs; und zwei galvanische Drähte, welche den Schacht hinunter gingen und die Batterie, die eben genannte Uhr und zwei Galvanometer mit einander verbanden.

Theilnehmer an der Untersuchung waren: Hr. Dunkin (Ober-Aufseher) und Hr. Ellis von der Sternwarte zu Greenwich, Hr. Pogson von der Sternwarte zu Oxford, Hr. Creswick von der Sternwarte zu Cambridge, Hr. G. Rümker von der Sternwarte zu Durham und Hr. Simmonds von der Sternwarte des Hrn. Carrington zu Red Hill.

Der Operationsplan war folgender. Beide Pendel (das eine an der unteren, das andere an der oberen Station) wurden *unausgesetzt* während der ganzen Arbeitszeit (Tag und Nacht) einer Woche beobachtet; dann wurden sie

vertauscht und in derselben Weise eine zweite Woche lang beobachtet; hierauf wurden sie abermals zwei Mal vertauscht, beide Beobachtungsreihen aber so abgekürzt, dafs sie zusammen in einer Woche beendet waren. Jedes Pendel durchschwang an jedem Beobachtungstage sechs Perioden (*Each pendulum had six swings*), jede von nahe vier Stunden, und zwischen dem Ende der einen und dem Anfange der nächsten wurden viele galvanische Signale zur Vergleichung der Uhren gegeben.

Der zweite Abschnitt giebt (soweit es der Raum erlaubte) die Details des Vergleichs der Uhren durch galvanische Signale. Bei Untersuchung des Verhältnisses der Gänge zeigte sich deutlich eine persönliche Gleichung bei Beobachtung der galvanischen Signale. Man erhielt für die verschiedenen Beobachter approximative Werthe und berichtigte (erforderlichenfalls) nach diesen Gleichungen das Verhältnifs der Gänge.

Der dritte Abschnitt beschreibt das allgemeine System des Beobachtens der Pendel und des Reducirens der Beobachtungen. Zur Ermittlung der Zeit der Coïncidenz der Schwingung des losen Pendels mit der des Uhrpendels wurde das Mittel aus den Zeiten des ersten Verschwindens und des letzten Wiedererscheinens angewandt. Zu Anfange einer Schwingungsperiode (*swing*) beobachtete man mehre Coïncidenzen und nahm das Mittel; ebenso am Ende derselben. Aus diesen Mitteln erhielt man ein mittleres Coïncidenzen-Intervall, aus welchem sich das Verhältnifs zwischen dem jedesmaligen Gange des losen Pendels und des Uhrpendels ergab. Diefs erfordert verschiedene Berichtigungen.

Die Berichtigung wegen des Schwingungsbogens ward, ohne andere Data als den ersten und den letzten Schwingungsbogen und ohne Annahme eines mathematischen Gesetzes für die intermediären Lagen, durch ein besonderes Verfahren abhängig gemacht von den Resultaten experimenteller Bestimmungen über die numerische Abnahme des

Bogens. Die Berichtigung wegen der Temperatur und des atmosphärischen Drucks stützte sich hauptsächlich auf Sabine's Versuche.

Der vierte Abschnitt enthält einen Abriſs von den Pendelbeobachtungen an der oberen Station, mit dem berichtigten Logarithmus des Ganges zwischen dem losen Pendel und dem der Uhr für jede Schwingungsperiode; und der fünfte Abschnitt enthält einen ähnlichen Abriſs für die untere Station.

Der sechste Abschnitt giebt die Berechnung des Logarithmus des Ganges zwischen dem unteren und dem oberen losen Pendel (wozu die vorherigen Abschnitte die Elemente lieferten). Dann giebt er in Detail nach der Wahrscheinlichkeitstheorie die Aufsuchung der Formel für die beste Combination der Resultate der verschiedenen Schwingungsperioden. Der Vorzug der Methode unausgesetzter Beobachtungen mit zahlreichen Vergleichungen der Uhr wird dabei hervorgehoben. Die Formel wird auf die vier Beobachtungsreihen angewandt; die Resultate der ersten und dritten Reihe kommen sehr nahe überein, ebenso die der zweiten und vierten, zum Beweise, daſs die Pendel keine merkliche Veränderung erlitten. Durch den Vergleich des Mittels aus der ersten und dritten Reihe mit dem Mittel aus der zweiten und vierten wird das Verhältniſs des Ganges zwischen dem Pendel an der oberen und dem an der unteren Station unabhängig von den angewandten Pendeln gefunden.

Es ergab sich, daſs die Schwerkraft unten um $\frac{1}{19286}$ gröſser war als oben, mit einer Unsicherheit von $\frac{1}{270}$ des Ueberschusses, oder daſs die Beschleunigung eines Secundenpendels unten 2″,24 pro Tag betrug, mit einer Unsicherheit von weniger als 0″,01.

Der siebente Abschnitt enthält eine Beschreibung der Operation zur Messung der Tiefe der Grube. Dann behandelt er das anzuwendende Verfahren, um das Verhältniſs zwischen der Schwerkraft an der oberen und der an der unteren Station (ohne Bezugnahme auf die Versuche) aus

einem angenommenen Verhältnifs der Dichte des Gesteins der Grube zu der mittleren Dichte der Erde zu berechnen. Es wird gezeigt, dafs mit der Annahme, die Oberfläche des Bodens um Harton habe die wahre sphärische Gestalt, es unnöthig ist, die Unregelmäfsigkeiten der Oberfläche in entfernteren Gegenden zu berücksichtigen. Ebenso wird gezeigt, dafs kein Grund vorhanden sey, die Richtigkeit des Gesetzes der Abnahme der Anziehung des Erdkerns als abhängig von der Höhe der Station in Zweifel zu ziehen, wenn nicht in der Anordnung oder Dichtigkeit der Substanzen unmittelbar unter Harton eine bedeutende Unregelmäfsigkeit vorhanden ist. Diese als unmerklich angenommen, wird dann die Theorie der Berichtigung wegen der Unebenheiten des Bodens in der Nähe von Harton in Betracht gezogen. Die Höhe der oberen Station über dem Hochwasserstand beträgt etwa 74 Fufs, und da hieraus erhellt, dafs die Tiefe der Unebenheit in keinem Fall ein Zehntel der Tiefe der unteren Station betragen kann, so findet man leicht, dafs sich das plus oder minus der Attraction mit hinreichender Genauigkeit in der Annahme berechnen läfst, dafs der Ueberschufs oder Mangel an Substanz gänzlich an der Oberfläche vorhanden sey; in diesem Fall ist der Einflufs an der oberen Station Null und der an der unteren leicht zu berechnen. Für Depressionen wie die des Meeres, begränzt (wenigstens zum Behufe der Rechnung) in der Nähe der Grube durch eine gerade Linie, aber unbegränzt in der anderen Richtung, wird eine einfache Formel gefunden.

Für die Anwendung dieser Theoreme war es nöthig, eine Karte über die Erhebungen des Bodens an verschiedenen Punkten zu haben. Nach Anleitung des Magistrats von South Shields entwarf der Feldmesser Hr. Christopher Thomson eine solche Karte. Beim Gebrauch derselben fand man es bequem, die Tiefe der Grube zur Einheit des Linearmaafses zu nehmen. Eine Linie in der Entfernung von zehn Tiefen berührt sehr nahe die Klippen von Tynemouth, Frenchman's Point und andere weiter

südöstlich liegende Punkte. Das Land ist durchgehends in Quadrate getheilt, die in Seite eine Tiefe messen, und diese sind so gruppirt, daſs dadurch, mittelst Felder von gleichförmiger Höhe in ihrer Ausdehnung, die Gestalt des Bodens annähernd vorgestellt wird. Auſser der Betrachtnahme der Depression des Meeres jenseits der Zehn-Tiefen-Linie, bestehen die Haupterfordernisse darin, den Einfluſs der Krümmung der Küste nach der Mündung des *Wear* hin abzuschätzen, den Einfluſs der Schlucht von *Jarrow Slake* zu berechnen, und überhaupt für die Abwesenheit von Materie im Thal des *Tyne* die gehörige Berichtigung zu machen. Es sind auch einige kleine Höhen in Betracht zu nehmen. Das allgemeine Resultat ist, daſs die Anziehung der regelmäſsigen Substanz-Schale um etwa $\frac{1}{280}$ verringert werden muſs.

Nennt man D die mittlere Dichtigkeit der Erde, d die der Schale, so berechnet sich der Bruch

$$\frac{\text{Schwerkraft unten}}{\text{Schwerkraft oben}} \text{ zu}: 1{,}00012032 - 0{,}00017984 \,.\, \frac{d}{D}.$$

Die Pendelbeobachtungen gaben dafür

$$1{,}00005185$$

also giebt der Vergleich

$$\frac{D}{d} = 2{,}6266.$$

Der achte Abschnitt giebt einen detailirten Bericht über die beim Abteufen des Harton-Schachts durchsunkenen Schichten, und die specifischen Gewichte vieler der Lager, nach Bestimmung des Professors W. H. Miller. Daraus ergiebt sich das mittlere specifische Gewicht $= 2{,}50$.

Substituirt man dieses in der durch die Pendelbeobachtungen gegebenen Gleichung, so findet sich die mittlere Dichtigkeit der Erde gleich

$$6{,}566.$$

Diese Zahl ist gröſser als die am Shehallien und die mittelst der Torsionswaage gefundene. Der Verf. bemerkt hiezu, daſs es sehr schwierig sey, die Ursachen oder Maaſse

der Fehler in jedem dieser Versuche anzugeben, glaubt aber, dafs das Resultat des gegenwärtigen Versuchs wenigstens gleiche Gültigkeit wie das der anderen beanspruche.

VI. *Untersuchungen über die Doppelbrechung; von Hrn. de Sénarmont.*

(*Compt. rend. T. XLII, p.* 65.)

Ich bitte die Akademie um Erlaubnifs, ihr einige Resultate einer noch unvollendeten Arbeit vorzulegen. Vielleicht hätte ich bis zur Beendigung derselben warten sollen; allein der experimentelle Nachweis verschiedener Thatsachen, genommen aufs Gerathewohl aus einer langen Reihe von Folgerungen, die aus einem selben Princip hergeleitet und theoretisch verknüpft wurden, scheint mir schon hinlänglich für die Richtigkeit aller übrigen zu sprechen. Ueberdiefs bin ich bei diesen Untersuchungen auf Schwierigkeiten gestofsen, die hauptsächlich aus dem Mangel an zur Verwirklichung der Erscheinungen geeigneten Materialien entsprangen; sie können mir vielleicht noch lange fehlen, und indem ich dieses Hindernifs hervorhebe, ergreife ich vielleicht das beste Mittel, es beseitigt zu sehen.

Ich habe mir vorgenommen, die Gesetze der Doppelbrechung einer Prüfung zu unterwerfen, gegründet nicht auf vereinzelte Reihen gesonderter, auf gewisse besondere Richtungen beschränkter Messungen oder auf numerische Bestimmungen ohne Zusammenhang, sondern auf eine Untersuchungsmethode, die im Stande ist, ein Ganzes gleichzeitiger Effecte in einer gemeinschaftlichen Kundgebung zu umfassen, so dafs der Versuch selbst eine materielle Uebersetzung und graphische Darstellung ihrer Continuitätsbedingungen wird.

Ich habe diese experimentelle Methode von den Erscheinungen der totalen Reflexion entlehnt. Dieses wichtige Corallar aus den Cartesischen Regeln ist schon für die Gesetze der einfachen Brechung beweisender Art, und scheint, glaube ich, nicht minder bündig und charakteristisch für die Gesetze der Doppelbrechung.

Wenn ein Lichtpunkt eingetaucht ist in ein einfachbrechendes Mittel, das durch eine ebene Oberfläche getrennt ist von einem zweiten ebenfalls einfach-brechenden, aber einen kleineren Brechungsindex besitzenden Mittel, so werden die divergirenden, unter allen möglichen Incidenzen auf das zweite Mittel fallenden Strahlen in dasselbe nur eindringen in einer Gegend der Contactfläche, die dem Fuſse des lothrechten Strahlen nahe liegt, und diese centrale Gegend functionirt, wie eine durchsichtige Oeffnung, ausgeschnitten aus einer opaken Wand, welche sie sonst überall nach Art eines belegten Spiegels zurückwirft. Von diesen beiden so verschiedenen Theilen der brechenden Ebene entspricht der eine der theilweisen und mit Refraction verknüpften Reflexion, der andere der totalen Reflexion, und sie sind getrennt durch eine einzige, kreisrunde und stetige Gränzlinie, die der Gränz-Refraction entspricht. Im weiſsen Lichte ist diese Linie mit Regenbogenfarben umsäumt.

Ist das zweite Mittel ein doppeltbrechendes, so ist der Vorgang nicht mehr so einfach.

Der auf jeden Punkt der brechenden Ebene fallende Strahl kann betrachtet werden als bestehend aus zwei verwachsenen Strahlen, die sich sofort trennen und theilweise in dieselbe eindringen, der eine vermöge der ordentlichen, der andere vermöge der auſserordentlichen Brechung. Allein, wenn dieses Eindringen für den einen aufhört möglich zu seyn, kann es oft für den andern bestehen bleiben, so daſs sich im Allgemeinen auf der brechenden Ebene doppelte, deutliche und coëxistirende Farbenringe der Gränzreflexion bilden werden.

Jede dieser Farbenringe ist ein geometrischer Ort von

Punkten, wo die Strahlen, welche vom aufserhalb des Krystall liegenden Divergenzpunkt ausgehen, nach ihrer Brechung, sey es ordentlicher oder aufserordentlicher, in der brechenden Ebene eingeschlossen bleiben. Nun sind die Punkte, wo dieser Uebergang von der Refraction zur totalen Reflexion stattfindet, verschieden nicht allein in jedem Azimut für den einen und den anderen Strahl, sondern auch in den verschiedenen Azimuten. Die Anzahl und auch die Form der Farbenringe um den Fufs der Normale sind also unmittelbare Folgen aus den Gesetzen der Doppelbrechung und müssen alle Besonderheiten derselben graphisch wiedergeben.

Die Theorie, im Einklang mit der Erfahrung, bestätigt diese logische Induction, und ohne hier in die Details einzugehen, welche hier nicht am Ort seyn würden, fasse ich die Resultate, die sich daraus ableiten lassen, kurz und unter geometrischer Form zusammen.

Krystalle mit einer optischen Axe.

Der Krystall sey attractiv:

1. Wenn der Index des auf ihn gelegten Mittels gröfser ist als der gröfste Index des Krystalls:

so ist der erste Farbenring (*iris*) kreisrund und er entspricht den ordentlichen Strahlen. Der zweite ist mit dem ersten concentrisch und insgemein elliptisch; sein gröfster Durchmesser ist winkelrecht auf dem Hauptschnitt und unveränderlich für jegliche Neigung der brechenden Ebene gegen die optische Axe. Der elliptische Farbenring hüllt übrigens den kreisrunden beständig ein.

Wäre die brechende Ebene winkelrecht zur optischen Axe, so würde der zweite Farbenring kreisrund seyn wie der erstere und diesen umschliefsen.

Wäre diese Ebene parallel der optischen Axe, so würde der zweite Ring, der elliptisch bliebe, an den Enden seines kleinsten Durchmessers den kreisrunden Ring tangiren.

2. Wenn der Index des auf den Krystall gelegten Mittels gleich ist dem gröfsten der beiden Haupt-Indexe des Krystalls:

so ist der erste Farbenring kreisrund und entspricht den ordentlichen Strahlen. Der zweite ist concentrisch mit dem ersten, reducirt sich aber auf ein System von zwei auf dem Hauptschnitt winkelrechte und aufserhalb des Ringes liegenden Geraden.

Wäre die brechende Ebene winkelrecht zur optischen Axe, so würden diese Geraden verschwinden, weil sie sich bis ins Unendliche entfernen.

Wäre diese Ebene parallel der optischen Axe, so würden die beiden Geraden zu Tangenten des Kreises.

3. Wenn endlich der Index des aufgelegten Mittels zwischen den beiden Haupt-Indexen des Krystalls liegt:

so ist der erste Farbenring kreisrund; der zweite, mit dem ersten concentrisch, kann nur unter einer bestimmten Neigung der brechenden Ebene gegen die optische Axe anfangen sich zu entwickeln. Er ist alsdann hyperbolisch; sein kleinster reeller Durchmesser ist parallel dem Hauptschnitt und dieser Durchmesser ist insgemein gröfser als der des Kreises. Er würde ihm gleich werden und beide Curven würden Tangenten seyn, wenn die brechende Ebene parallel der optischen Axe wäre.

Der Krystall sey repulsiv:

1. Wenn der Index des aufgelegten Mittels gröfser ist als der gröfste Index des Krystalls:

so ist der erste Farbenring kreisrund und er entspricht den ordentlichen Strahlen. Der zweite ist im Allgemeinen elliptisch und mit dem ersten concentrisch; sein kleinster Durchmesser ist winkelrecht zum Hauptschnitt und für jegliche Neigung der brechenden Ebene gegen die optische Axe unveränderlich. Der elliptische Ring ist überdiefs vom kreisrunden beständig eingeschlossen.

Wäre die brechende Ebene winkelrecht zur optischen Axe, so würde der zweite Ring kreisrund seyn wie der erste und innerhalb desselben liegen.

Wäre die brechende Ebene parallel der optischen Axe, so bliebe der zweite Ring elliptisch und tangirte an den Enden seines gröfsten Durchmessers den kreisrunden Ring.

2. Wenn der Index des aufgelegten Mittels gleich ist dem gröfsten der beiden Haupt-Indices des Krystalls:

so verschwindet der kreisrunde Ring; der zweite Ring ist im Allgemeinen elliptisch und sein gröfster Durchmesser ist parallel dem Hauptschnitt.

Wäre die brechende Ebene winkelrecht zur optischen Axe, so würde der zweite Farbenring kreisrund seyn.

Wäre die brechende Ebene parallel der optischen Axe, so würde sich der zweite Ring auf zwei dem Hauptschnitt parallele Gerade reduciren.

3. Liegt der Index des aufgelegten Mittels zwischen den beiden Haupt-Indexen des Krystalls:

so verschwindet der erste Farbenring; was den zweiten betrifft, so ist immer einer seiner Hauptdurchmesser winkelrecht zum Hauptschnitt und von constanter Länge für jegliche Neigung der brechenden Ebene gegen die optische Axe.

Uebrigens würde er, wenn diese brechende Ebene winkelrecht zur optischen Axe wäre, kreisrund seyn, würde, mit seinem gröfsten Durchmesser parallel dem Hauptschnitt, desto elliptischer werden, je mehr die brechende Ebene gegen dieselbe Axe neigte; er würde sich, wenn diese Neigung einen bestimmten Werth überstiege, in zwei dem Hauptschnitt parallele Gerade verwandeln, und darauf die Form einer Hyperbel annehmen, deren kleinerer reeller Durchmesser winkelrecht zum Hauptschnitte wäre und deren Excentricität allmählich wüchse, in dem Maafse als die brechende Ebene sich dem Parallelismus mit der optischen Axe näherte.

Krystalle mit zwei optischen Axen.

Als es sich um Krystalle mit Einer optischen Axe handelte, setzte ich für die brechende Ebene irgend welche Richtung voraus. Bei den Krystallen mit zwei optischen

Axen würde dieser allgemeine Fall wahrscheinlich zu viel complicirteren Resultaten führen; für jetzt habe ich mich auf die besonderen und nothwendig einfacheren Erscheinungen beschränkt, die der Gränz-Brechung an Ebenen parallel den drei Hauptschnitten der Wellenfläche entsprechen.

An einer zur gröfsten Elasticitätsaxe normalen brechenden Ebene.

1. Wenn der Index des aufgelegten Mittels gröfser ist als der gröfste der drei Haupt-Indices des Krystalls:

so ist der erste Ring ein Kreis, der zweite eine concentrische, diesen Kreis ganz einhüllende Ellipse, deren gröfster Durchmesser nach der mittleren Elasticitätsaxe gerichtet ist.

2. Wenn der Index des aufgelegten Mittels gleich ist dem gröfsten der drei Haupt-Indices des Krystalls:

dann ist der erste Ring immer ein Kreis; der zweite reducirt sich auf ein System von zwei mit diesem Kreise concentrischen und der mittleren Elasticitätsaxe parallelen Geraden.

3. Wenn der Index des aufgelegten Mittels zwischen dem gröfsten und mittleren Index des Krystalles liegt:

dann ist der erste Ring ein Kreis; und der zweite eine concentrisch aufserhalb dieses Kreises liegende Hyperbel, deren kleinerer reeller Durchmesser die kleinste Elasticitätsaxe ist.

4. Wenn endlich der Index des aufgelegten Mittels ebenso grofs oder kleiner ist als der mittlere Index des Krystalls, dabei aber gröfser bleibt als der kleinste Index desselben:

so bleibt allein der kreisrunde Ring bestehen.

An einer zur kleinsten Elasticitätsaxe normalen brechenden Ebene.

1. Wenn der Index des aufgelegten Mittels gröfser ist als der gröfste der drei Haupt-Indexe des Krystalls:

so ist der erste Ring ein Kreis und der zweite eine concentrische, den Kreis ganz einhüllende Ellipse, deren grö-

fserer Durchmesser in Richtung der gröfsten Elasticitätsaxe liegt.

2. Wenn der Index des aufgelegten Mittels gleich ist dem gröfsten der drei Haupt-Indexe des Krystalls:

so verschwindet der erste Ring, und der zweite ist elliptisch, mit seinem gröfseren Durchmesser in Richtung der gröfsten Elasticitätsaxe liegend.

3. Wenn der Index des aufgelegten Mittels gleich ist dem mittleren Index des Krystalls:

so verschwindet der erste Ring, und der zweite reducirt sich auf zwei Gerade parallel der gröfsten Elasticitätsaxe.

4. Wenn endlich der Index des aufgelegten Mittels kleiner ist als der mittlere Index des Krystalls:

so verschwindet der erste Ring und der zweite reducirt sich auf eine Hyperbel, deren kleinerer reeller Durchmesser parallel ist der mittleren Elasticitätsaxe.

An einer zur mittleren Elasticitätsaxe normalen brechenden Ebene.

1. Wenn der Index des aufgelegten Mittels gröfser ist als der gröfste der drei Haupt-Indexe des Krystalls:

so ist der erste Ring ein Kreis und der zweite eine concentrische Ellipse, deren gröfsere Axe parallel ist der gröfsten Elasticitätsaxe.

Der Radius des Kreises ist intermediär zwischen dem gröfsten und dem kleinsten Durchmesser der Ellipse, so dafs diese concentrischen Curven sich in vier Punkten schneiden, auf Durchmessern, die den *eigentlichen optischen Axen* (*den Axen der inneren konischen, uniradialen oder äufseren cylindrischen Refraction*) parallel sind.

2. Wenn der Index des aufgelegten Mittels gleich ist dem gröfsten der drei Haupt-Indexe des Krystalls:

so ist der erste Ring kreisrund, und der zweite reducirt sich auf ein System von zwei mit dem Kreise concentrischen und der gröfsten Elasticitätsaxe parallelen Geraden, die den Kreis in vier Punkten schneiden, auf den den optischen Axen parallelen Durchmessern.

3. Wenn der Index des aufgelegten Mittels zwischen dem gröfsten und dem mittleren Index des Krystalls liegt:

so ist der erste Ring kreisrund, und der zweite ist eine concentrische Hyperbel, deren kleinster reeller Durchmesser parallel ist der kleinsten Elasticitätsaxe; sie schneidet den Kreis in vier Punkten auf den den optischen Axen parallelen Durchmessern.

4. Wenn endlich der Index des aufgelegten Mittels ebenso grofs oder kleiner ist als der mittlere Index des Krystalls:

so verschwindet der erste Ring, und der zweite ist eine Hyperbel, deren kleinster reeller Durchmesser parallel ist der kleinsten Elasticitätsaxe.

Diese brechende Ebene zeigt also bis hieher allgemeine Erscheinungen, die denen an den beiden anderen beobachteten vergleichbar sind, doch mit Einschränkungen und ganz charakteristischen Besonderheiten, welche wir noch auseinander zu setzen haben.

Die beiden konischen Stücke (*nappes*), welche ihre Scheitel im Lichtpunkt und ihre Grundflächen auf den beiden Farbenringen haben, haben vier gemeinschaftliche Erzeugungslinien, welche auf den Intersectionen dieser Curven endigen.

Diese vier Erzeugungslinien gehören also zugleich zu den beiden geometrischen Orten der unter dem Winkel der Gränzreflexion einfallenden Strahlen; die vier entsprechenden Strahlen entgehen indefs dieser Reflexion.

Sie erleiden beim Eindringen in den Krystall die *innere konische Reflexion*, und indem sie sich so auf dem Mantel eines Kegels entfalten, hören sie auf, in der brechenden Ebene begriffen zu seyn.

Wenn also der Krystall durch zwei parallele Flächen begränzt ist, treten diese Strahlen wieder parallel der Richtung ihres ursprünglichen Einfalls aus, und bilden einen ausfahrenden Cylinder von hyperbolischer Grundfläche.

Diese Hyperbel ist zugleich die Grundfläche des ein-

fallenden inneren konischen Bündels und des austretenden äuſseren cylindrischen Bündels; sie ist zu den beiden Farbenringen concentrisch und hat zu Asymptoten die Richtung einer der eigentlichen optischen Axen und die Richtung einer der *secundären optischen Axen* (*Axen der inneren uniradialen, äuſseren konischen Refraction*).

Das ist noch nicht Alles.

Besondere Strahlengruppen, deren Einfallspunkte auſserhalb der beiden Farbenringe liegen, also auſserhalb des Orts der Gränzbrechungen und innerhalb des insgemein der totalen Reflexion vorbehaltenen Feldes, entziehen sich dennoch dieser Reflexion und erleiden wirklich nur die Gränz-Refraction.

Diese Strahlen bilden Umdrehungskegel um die secundären optischen Axen; sie fallen somit auf die brechende Ebene unter sehr verschiedenen Incidenzen, die aber alle der *äuſseren konischen* und *inneren uniradialen* angemessen sind; sie dringen also in den Krystall, um darin diese uniradiale Richtung anzunehmen, ohne zur brechenden Ebene auszutreten.

Der geometrische Ort der Punkte, wo jeder dieser exceptionellen Strahlengruppen die brechende Ebene trifft, ist eine mit den beiden Farbenringen concentrische und dieselben tangirende Hyperbel, deren reeller Hauptdurchmesser parallel ist einer secundären optischen Axe. Die geometrischen Orte ihrer Contactpunkte mit den beiden Farbenringen sind überdieſs die beiden Erzeugungslinien der Intersection der brechenden Ebene mit der Kegelfläche, welche im Innern des Krystalls gebildet wird von den zahllosen Richtungen der normalen Fortpflanzung, die der uniradialen Richtung des gebrochenen Strahls entsprechen.

Die beiden Farbenringe der Gränzbrechung werden in allen so eben untersuchten Fällen desto mehr von einander getrennt seyn als die drei Indexe des doppeltbrechenden Mittels ungleicher sind. Eine specielle Eigenschaft dient noch zu ihrer Charakterisirung und unterstützt den Beob-

achter sie zu unterscheiden, wenn sie einander fast überdecken und zusammengelaufen erscheinen.

Jeder dieser Farbenringe ist, wie gesagt, ein geometrischer Ort der Punkte, wo die Gränzbrechung beginnt für die Portion des einfallenden Lichtes, welche bestimmt ist, sowohl den ordentlichen als den aufserordentlichen Strahl zu liefern; diese Farbenringe werden folglich rechtwinklich gegen einander polarisirt seyn.

Es ist auch die totale Reflexion einer einzigen dieser einfallenden Lichtportionen, welcher der Raum zwischen den beiden Farbenringen das Ansehen eines belegten Spiegels verdankt. Er mufs dieses Ansehen verlieren, sobald das total reflectirte Licht, für welches er solchergestalt functionirt hat, sich in einem Zerleger auslöscht. Während der Drehung des Zerlegers zeigt diese Gegend der brechenden Ebene abwechselnd die sonderbare Erscheinung einer bald opaken und gleichsam metallischen, bald glasartigen und durchsichtigen Wand. Dieser Vorgang ist besonders dann auffallend, wenn blofs einer der Farbenringe verbleibt und das Feld des Krystalls in zwei Theile theilt, worin sich die Reflexion somit mit einem ganz entgegengesetzten Charakter zeigt.

Die hier kurz betrachteten Erscheinungen bieten ebenso viele charakteristische Züge der Doppelbrechung dar; allein unglücklicher Weise zeigt die Theorie, welche sie voraussehen läfst, zugleich, dafs die physikalischen Data, welche zum experimentellen Nachweise mehrer Besonderheiten nothwendig sind, schwer zu erfüllenden Bedingungen genügen müssen.

Einerseits nämlich kann der doppelte Farbenring nur erscheinen, wenn der einzige Index des einfach brechenden Mittels gröfser ist als die drei, oder wenigstens als zwei der drei Haupt-Indexe des Krystalls; und andrerseits müssen diese merklich ungleich seyn, wenn die Farbenringe wohl getrennt seyn sollen. Wo aber fände man Flüssigkeiten von so starker Brechung, und Krystalle, deren drei Hauptbrechungen zugleich so schwach und so verschieden

wären, dafs diese fast widersprechenden Bedingungen erfüllt würden?

Man kann nämlich kaum andere einfach brechende Mittel auf die Krystalle bringen als Flüssigkeiten. Vor Allem habe ich Schwefelkohlenstoff angewandt, welcher wegen seines starken Brechungsvermögens allen übrigen vorzuziehen wäre, wenn dieses nicht von einem ungeheuren Dispersionsvermögen begleitet würde. Diese Dispersion verbreitert im weifsen Lichte die Farbenringe der Gränzbrechung übermäfsig, und ihre Umrisse werden um so verwaschener und unbestimmter als man sie bei fast streifenden Incidenzen beobachten mufs. Ein homogenes Licht hilft zwar diesen Uebelständen theilweis ab, eignet sich aber schlecht zu Versuchen, die eine gewisse Intensität verlangen.

Was die Krystalle betrifft, so giebt es unter denen, die sich am besten zu gewöhnlichen optischen Zwecken eignen, wenige, deren man sich zu diesen Untersuchungen bedienen könnte. Fast alle sind zu stark brechend; ihre Indexe sind gröfser oder ebenso grofs als der des Schwefelkohlenstoffs.

Bei Krystallen sind also die Versuche über die totale Reflexion nicht allein an sich schwierig und zart, sondern, ich wiederhole es, entspringen die Hindernisse hauptsächlich aus dem Mangel an flüssigen oder starren Materialien von wünschenswerther Beschaffenheit. Obgleich ich verschiedene Flüssigkeiten geprüft habe, so ist es zweifelhaft, ob überhaupt irgend eine den Schwefelkohlenstoff mit Vortheil ersetzen könne. Dagegen ist es möglich, dafs man unter den Salzen, besonders den wasserhaltigen, Krystalle antreffen werde, die eine hinlängliche Doppelbrechung verbunden mit einer im absoluten Werthe genügend schwachen Brechkraft besitzen.

Allein hier stellt sich ein neues Hindernifs ein: diese Krystalle müssen homogen und so grofs seyn, dafs man daran ebene Flächen von einiger Ausdehnung schleifen und poliren kann. Die Künste liefern nur eine kleine Anzahl, die dieser letzteren Bedingung genügen, und um andere

zu erlangen, müfste man sie im Grofsen darstellen und zu dem Ende Mittel anwenden, die nur der Industrie zu Gebote stehen.

VII. *Photographische Untersuchungen über das Sonnenspectrum; von Hrn. Crookes.*

(Aus dem *Cosmos*, *T. VIII. p.* 90, nach dem Bulletin der photographischen Gesellschaft in London, vom 21. Jan. 1856.)

Die Untersuchungen von HH. Becquerel, Stokes und Anderen haben gezeigt, dafs die durchsichtigsten und klarsten Gläser absolut opak sind für die Strahlen von hoher Brechbarkeit, der Bergkrystall dagegen für diese Strahlen die einzige wahrhaft diaphane Substanz ist. Von da an war es nöthig, um die chemischen Wirkungen aller Lichtstrahlen nachzuweisen, Bergkrystall statt des Glases anzuwenden, damit keiner der Strahlen bei seinem Durchgang durch ein theilweise, wenn nicht gar gänzlich opakes Mittel in seiner Intensität geschwächt werde.

Fig. 9 Taf. V giebt im Zehntel der Gröfse eine Idee von dem Apparat, mittelst dessen Hr. Crookes ein fast fixes Spectrum erhalten hat. Er belegt diesen Apparat mit dem Namen *Spectrum-camera.*

Die Spalte, deren vervielfältigten und einander übergreifenden Bilder das Spectrum bilden, ist horizontal gestellt und kann mittelst einer sehr feinen Schraube breiter oder schmäler gemacht werden. Sie ist bei A eingelassen in eine Messingröhre AB, welche durch eine Schraube an der hölzernen Unterlage CDE befestigt ist. Röhre und Unterlage drehen sich zusammen um eine Axe F und können unter allen Winkeln befestigt werden, so dafs sie der Sonne in ihren Höhenveränderungen zu folgen vermögen. Man befestigt sie in der beabsichten Höhe mittelst einer gegen

den Bogen *GHK* gepreſsten Schraubenmutter. Eine an beiden Enden offene *Camera obscura LMN* dreht sich ebenfalls um die Axe *F*, allein unabhängig von der Bewegung des Rahmens *CDE*; auch sie läſst sich in alle Winkelhöhen bringen und an dem Bogen *PQR* feststellen. Gegen das Ende *MN* der Kammer befindet sich eine Nute für das matte Glas und den die Platte haltenden Rahmen. Am Ende *B* des Messingrohrs ist eine Linse befestigt, und die beiden Quarzprismen sitzen, mit ihren brechenden Winkeln nach unten, in einer Holzfassung, welche sich ebenfalls und zwar unabhängig um die gemeinschaftliche Axe drehen läſst, indeſs auch an der Basis *CDE* befestigt und dann gemeinschaftlich mit der Röhre und der Kammer gedreht werden kann. Das Ganze ist auf einem horizontalen beweglichen Brett *ST* befestigt.

Die beiden Quarzprismen sind von dem geschickten Künstler Hrn. Darker bewundernswürdig geschliffen; ihr Winkel beträgt 55°, ihre brechenden Flächen haben 1,1 Zoll Höhe und 1,8 Zoll Breite. Sie sind aus dem Krystall so geschnitten, daſs die Strahlen, in der Lage des Minimums der Ablenkung, parallel der optischen Axe des Krystalls hindurchgehen; so ist man vor dem störenden Einfluſs der Doppelbrechung geschützt. Es ist nothwendig zwei Prismen hinter einander anzuwenden, damit das Spectrum eine gehörige Länge habe; ein einziges Prisma giebt sie nicht, wegen des schwachen Dispersionsvermögens. Die planconvexe Linse ist auch von Bergkrystall, hat einen Zoll im Durchmesser und 12 Zoll Brennweite; sie ist so gestellt, daſs ihre Axe mit der des Krystalls zusammenfällt.

Um den Apparat zu ajustiren, richtet man es zuvörderst so ein, daſs die Sonnenstrahlen das Rohr *AB* längs der Axe durchlaufen und auf die Prismen fallen, nachdem sie durch die Spalte und die Linse gegangen sind. Dann dreht man die Fassung der beiden Prismen um *F*, bis die gebrochenen Strahlen möglichst wenig von ihrer ursprünglichen Richtung abgelenkt werden. Hierauf befestigt man die Fassung der Prismen gut auf der Basis *CDE*, wo dann

Spalte, Linse und Prismen ihre relative Lage bei jeder Neigung der Röhre unverändert behalten.

Wenn es sich darum handelt, eine Substanz der Wirkung des Sonnenspectrums zu unterwerfen, so dreht man den Apparat im Azimut, indem man die horizontale Unterlage *ST* bewegt. Man hebt oder senkt die Röhre *AB*, bis die Sonnenstrahlen sie ihrer Axe nach durchlaufen, was der Fall ist, wenn der Schatten von *A* einen zuvor auf der Vorderfläche von *CD* bezeichneten Raum genau bedeckt. Andrerseits hebt oder senkt man die *Camera obscura MNC*, bis das Spectrum sich auf die Mitte des matten Schirms *MN* projicirt, der groſs genug ist, um nicht allein das sichtbare Spectrum aufzunehmen, sondern auch die ganze beträchtliche Strecke, in welcher sich das unsichtbare Spectrum ausbreitet. Das verschiebbare Stück *MNO* schiebt man ein oder aus, bis die festen Linien der Gegend des Spectrums, deren Wirkung man untersuchen will, vollkommen im Brennpunkt sind. Begreiflich haben die Linien der verschiedenen Gegenden ihren Brennpunkt in verschiedenen Punkten, weil ihre Brechbarkeiten verschieden sind. Um alles fremde Licht abzuhalten, umgiebt man den Theil *CDE* vom Körper des Apparats mit einer undurchsichtigen Hülle und ersetzt das mattgeschliffene Glas durch den die Platte tragenden Rahmen; dann ist die zu untersuchende Substanz dem Einfluſs der Sonnenstrahlen ausgesetzt.

Da das Spectrum in Wirklichkeit nur das Resultat der Juxtaposition unzähliger Bilder der Spalte ist, so begreift man, daſs die festen Linien nicht durch die Bewegung der Sonne verschoben werden, sondern immer im Brennpunkt bleiben, und nur ihre Intensität verändern. Müſste die Substanz mehre Stunden lang der Wirkung des Spectrums ausgesetzt werden, so würde man die Sonne in der Axe der Röhre erhalten, wenn man das Brett *ST* von Zeit zu Zeit langsam dreht und die Röhre *AB*, der die Prismen und die *Camera obscura* in ihrer Bewegung folgen, hebt oder senkt; durch solche kleinen Verrückungen alle zwei oder drei Minuten, erhält man die nöthige Fixität.

Dieser Apparat hat Hrn. Crookes erlaubt, seine Untersuchungen weit über das hinaus auszudehnen, was er mit seinen mittleren Prismen erreichen konnte. Seit zwei Jahren hat er alle seine müſsigen Augenblicke diesen Beobachtungen gewidmet; er findet sie aber noch nicht vollendet genug, um gewiſs zu seyn, daſs er bei Veröffentlichung derselben nur sichere Resultate gebe; er begnügt sich für jetzt einige sonderbaren Thatsachen herauszuheben.

I. Hr. Crookes, beauftragt die meteorologischen Beobachtungen der Sternwarte zu Oxford photographisch zu regristiren, hatte lange darüber nachgedacht, welche Zusammensetzung dem Bade für die Jodirung des Wachspapiers am besten zu geben sey. Zahlreiche Versuche mit seiner *Spectrum-camera* hatten ihn überzeugt, daſs das Jodsilber, welches man durch Doppelzersetzung von salpetersaurem Silberoxyd und reinem Jodkalium erhält, das Bad sey, welches am besten die empfindliche Oberfläche giebt; allein dennoch, wenn er sich dieses Bades zu seinen täglichen Photographien bediente, erhielt er zu seinem Staunen nicht die erwarteten Resultate. Die Ursache hiervon war leicht aufzufinden. Die Versuche, welche zur Anwendung des Jodsilbers geführt hatten, waren im Sonnenschein angestellt worden und in seinem Laboratorium arbeitete er mit Gaslicht. Konnte nicht, muſste nicht ein sehr groſser Unterschied zwischen diesen beiden Lichtern vorhanden seyn? Ein directer Vergleich zeigte, daſs wirklich ein Unterschied und zwar ein sehr groſser vorhanden war.

Im Sonnenspectrum sind die Strahlen gegen den Strich *G* hin und darüber hinaus, d. h. die indigfarbenen oder noch stärker brechlichen Strahlen, so intensiv und zahlreich, daſs sie im Vergleich mit den zwischen *F* und *G* liegenden Strahlen, d. h. den blauen oder grünen, denen, welche auf das Bromsilber lebhafter wirken als auf das Jodsilber, wie wirkungslos sind. Für dieses Licht ist also Jodsilber vorzuziehen. Im Gaslicht dagegen findet sich die groſse Masse der photogenischen Strahlen zwischen den sichtbaren Gränzen des Spectrums und eben dadurch ist die Wir-

kung dieses Lichts viel kräftiger auf das Bromsilber als auf das Jodsilber. Die Praxis hat dieses Resultat des Versuchs vollkommen bestätigt, denn als Hr. Crookes dem jodirenden Bade etwas Bromkalium zusetzte, sah er seine Bilder beträchtlich verbessert. Zur Erlangung des bestmöglichen Resultats müssen die beiden Salze in einem gewissen Verhältnifs stehen; ist das Jodkalium im Ueberschufs, so fehlt es dem entstandenen Silbersalz an Empfindlichkeit, und um das Bild sichtbar zu machen, mufs man viel länger operiren; waltet dagegen das Bromkalium vor, so fehlt dem Bilde Kraftfülle, es ist roth und durchscheinend. Wenn man aber das richtige Verhältnifs trifft, ist das Papier ungemein empfindlich, und das Bild hat ein sehr kräftiges schwarzes Ansehen, ohne den geringsten Stich ins Rothe.

II. Die Anwendung der *Spectrum-camera* war in einem anderen Falle sehr dienlich, als es sich darum handelte, das Glas auszuwählen, welches zur Erhellung seines photographischen Laboratoriums im Fensterladen zu befestigen war. Es mufste zugleich viel Licht durchlassen und alle chemischen oder photogenischen Strahlen abhalten. Zu diesem Behufe bedient man sich gewöhnlich eines calicogelben Glases, aber diefs ist die erdenklich schlechteste Substanz. Eine einzige Tafel läfst weifses Licht durch, und erst wenn man mehre nimmt, werden die chemischen Strahlen aufgefangen; aber diese vielen Tafeln schwächen zugleich die Intensität des durchgehenden gelben Lichts.

Bei Untersuchung einer grofsen Anzahl Glasplatten von verschiedener Nüance im Spectrum, hat Hr. Crookes mehre gefunden, die seinen Zweck vollkommen entsprechen. Unter den Gläsern wählte er ein dunkel orangenfarbenes aus, welches die besten Resultate gab. Dieses Glas ist absolut opak für die Strahlen jenseits des Fraunhofer'schen Strichs *E*, vom Grün bis zum Violett und darüber hinaus, wogegen es die sichtbaren Strahlen von geringerer Brechbarkeit mit grofser Leichtigkeit durchläfst. Er befestigte im Fensterladen seines Laboratoriums etwa einen Qua-

dratfufs von diesem Glase, und obgleich nach dem Durchgang durch dasselbe die directen Sonnenstrahlen des Morgens auf das Bad fallen und zuweilen selbst auf die collodionirte Glasplatte, welche man sensibilisirt, so impressionirten sie dieselben doch nicht und können daher keinen Schaden anrichten. In Bezug auf Sicherheit oder Abhaltung photogenischer Strahlen leistet also diese eine Glasplatte so viel als vier oder fünf Platten von Calicogelb; sie liefert ein unvergleichlich intensiveres Licht und macht die Arbeit angenehmer. Wenn die Sonne scheint wird das Laboratorium in allen Ecken erhellt, wie vom diffusen Tageslicht.

III. Bei sorgfältiger Betrachtung der im Laufe eines Tages gemachten photographischen Bilder des Spectrums wurde Hr. Crookes zu mehren Malen überrascht, in dem Maafse als die Sonne stieg, eine viel gröfsere Zahl von Strahlen von hoher Brechbarkeit zu erhalten. Die Länge des Spectrums an seinem brechbarsten Ende schien genau proportional zu seyn der Höhe der Sonne über dem Horizont. Diese Thatsache schien eine absorbirende der Atmosphäre (*atmosphère solaire*) auf die brechbareren Strahlen darzuthun. Eine sehr kurze Beobachtung reicht hin, um sich zu überzeugen, dafs diefs wirklich der Fall ist, denn selbst eine halbe Stunde nach Mittag zeigt der blofse Anblick der Platte, dafs die Strahlen, welche, als die Sonne im Meridian stand, die Atmosphäre ohne Mühe durchdrangen, nun in diesem Durchgang gehindert werden.

So wie zu allen Jahreszeiten das Spectrum vom Mittag Strahlen von höherer Brechbarkeit enthält als die Spectra von anderen Stunden des Tages, ebenso enthält das Spectrum vom Mittage des Sommersolstitiums mehr brechbare Strahlen und Strahlen von gröfserer Brechbarkeit als die Spectra vom Mittage anderer Jahreszeiten. Diese Behauptung bestätigte sich vollkommen durch die Thatsachen, d. h. durch directen Vergleich der in der *Spectrum-camera* erhaltenen mittäglichen Spectra. Macht man vom Frühling an eine Reihe Bilder vom Spectrum, so sieht man, dafs in

dem Maafse wie das Sonnenlicht weniger tief schief durch die Atmosphäre geht, unausgesetzt neue Strahlen auftreten, bis die Sonne am Tage des Sommersolstitiums im Meridian anlangt. Man erhält dann Linien, die man zu jeder anderen Zeit niemals sieht, wie lange man auch die Platte dem Lichte aussetzen mag.

Diese Thatsachen führen zu verschiedenen sehr interessanten Fragen. Würde sich die Länge des Spectrums noch vergröfsern, wenn man bei lothrechter oder im Zenith stehender Sonne und bei ganz wolkenlosem Himmel arbeitete? Würde man in dieser Richtung die Gränze der brechbaren Sonnenstrahlen erreichen? Oder ist es nicht vielmehr wahrscheinlicher, dafs von der Sonne Ströme von Strahlen ausfliefsen, die niemals die Erde erreichen, die, sowie sie obere Schichten der Atmosphäre erreichen, zerstört, aufgefangen und in andere Kraftarten verwandelt werden, oder deren Schwingungs-Energie uns mit gröfseren Wellenlängen, einer verringerten Brechbarkeit, unter der Form von Wärme und Licht zugeführt wird.

VIII. *Notiz über das Tyrit genannte Mineral; von Adolf Kenngott in Wien.*

In der letzten Sendung des Hrn. Dr. Bondi in Dresden an das hiesige k. k. Hof-Mineralien-Kabinet befanden sich zwei Krystallstücke des von D. Forbes *Tyrite* genannten Minerals von Helle auf Tromsöe bei Arendal. Dasselbe soll eine neue Species seyn und wurde in Dana's erstem Supplemente zu seiner vierten Auflage des Systems der Mineralogie beschrieben, wie folgt: »Er gleicht dem Euxenit. Findet sich in Krystallen mit quadratischem Durchschnitt, jedoch zu unregelmäfsig und ohne Glanz, um sie zu messen.

Spaltbarkeit keine. H. = 6,5; spec. Gew. = 5,30 bei 60° F., 5,56 an einem derben Stück. Farbe und Glanz ähnlich wie beim Euxenit.

Im Glasrohre erhitzt decrepitirt er stark, giebt Wasser und das durch das Decrepitiren entstandene Pulver ist von einer schönen gelben Farbe. Vor dem Löthrohre giebt er mit Borax ein Glas, welches röthlich gelb ist, so lange es warm ist, beim Abkühlen aber farblos wird; in Phosphorsalz ist er schwierig löslich und das Glas ist heiſs grünlich gelb, kalt aber grün. Analyse:

	$\dddot{\text{Cb}}$	$\dddot{\text{Al}}$	$\dot{\text{Ca}}$	$\dot{\text{Y}}$	$\dot{\text{Ce}}$	$\dot{\text{U}}$	$\dot{\text{Fe}}$	$\dot{\text{H}}$	
	44,90	5,66	0,81	29,72	5,35	3,03	6,20	4,52	= 100,25
Sauerst.		2,64	0,23		0,77	0,35	1,38	4,02	

Nimmt man das Atomgewicht des Tantalum für das des Columbium, so ist das Sauerstoffverhältniſs der Basen und Säure (im Aufsatz steht in Folge eines Druckfehlers *ratio of bases and silica*) 5,23 zu 11,31, [welches das des Columbit ist]. Er findet sich mit Euxenit bei einem Orte Namens Hampemyr in Norwegen.«

Hr. Dr. Bondi machte in seinem begleitenden Schreiben die Bemerkung, daſs der Tyrit vielleicht gleich Fergusonit seyn könne, und die Untersuchung desselben, soweit es die beiden Krystallstücke gestatteten, läſst die Identität des Fergusonit und Tyrit als fast gewiſs erscheinen; ich wenigstens zweifle daran nicht.

Das eine Krystallstück von 10 Millimeter Länge stellt, wie Fig. 10 Taf. V angiebt, eine quadratische Combination mit halbzähliger Bildung dar, welche selbst ohne alle Messung eine auffallende Uebereinstimmung mit den von W. Haidinger beschriebenen Krystallgestalten des Fergusonit zeigt. Da die Resultate der Messung die Uebereinstimmung klar darlegten, so habe ich die von W. Haidinger abgebildete Figur mit gleichen Buchstaben beigegeben. Nach derselben sind die Krystallgestalten des Fergusonit (siehe Poggend. Ann. Bd. V. S. 166) quadratische und eine der beobachteten Combinationen ist die eben dargestellte (Fig. 11 Taf. V). Die quadratische Pyramide *s*, welche als Grund-

gestalt gewählt wurde, ist combinirt mit einer quadratischen Pyramide in verwendeter Stellung *z*, mit einem quadratischen Prisma in verwendeter Stellung *r* und mit den Basisflächen *i*.

Von dieser Combination zeigt das Krystallstück, wie die Fig. 10 Taf. V angiebt, die Flächen *s* (die Grundgestalt *P*), die Flächen *z* (die quadratische Pyramide in verwendeter Stellung $\frac{r}{l}\frac{3P\frac{3}{2}}{2}$) und die Fläche *i* (die quadratische Basisfläche oP).

Nach Haidinger sind am Fergusonit die Kantenwinkel von P 100° 28′ und 128° 27′, die von $\frac{r}{l}\frac{3P\frac{3}{2}}{2}$ 88° 6′ und 159° 2′; an dem Krystallstück des sogenannten Tyrit, dessen Flächen weder glänzen, noch vollkommen eben sind, wie auch Forbes bemerkte, fand ich vermittelst des Anlegegoniometers $i:s = 116\frac{1}{4}°$, woraus der Seitenkantenwinkel von $P = 127° 30'$ hervorgeht; $s:s$ über die Basisfläche gemessen $= 52\frac{1}{4}°$, wonach der Seitenkantenwinkel von $P = 127° 45'$ wäre; $i:z = 101°$ (weniger genau, wegen der unebeneren Flächen *z*), woraus der Seitenkantenwinkel von $\frac{r}{l}\frac{3P\frac{3}{2}}{2} = 158°$ hervorgeht; $z:z$ über die Basisfläche gemessen $= 21°$, woraus derselbe Winkel $= 159°$ folgt; die Endkante von $P = 102°$.

Wenn sich auch die Winkel bei der Beschaffenheit der Krystallflächen nicht mit befriedigender Genauigkeit bestimmen liefsen, so sieht man offenbar, dafs die Winkel mit den Näherungswerthen Haidinger's so harmoniren, dafs in Verbindung mit der seltenen Hemiëdrie die Krystallgestalten als übereinstimmende angesehen werden können.

Das zweite Krystallstück von 14 Millimeter Länge zeigte die Flächen *P* etwas ausgedehnter und die Flächen oP sehr klein; eine Messung konnte an demselben nicht vorgenommen werden, weil es leider noch einmal durchgebrochen war und das eine Ende im Gestein steckte.

Was die übrigen Eigenschaften betrifft, wie sie von W. Haidinger am Fergusonit bestimmt wurden und wie

ich dieselben an einem Exemplare desselben vergleichend beobachten konnte, wie sie Forbes an seinem Tyrit bestimmte und wie ich dieselben an den vorliegenden Krystallstücken vergleichen konnte, so sind dieselben so übereinstimmend, dafs man die Minerale trotz der geringen Differenzen für gleich zu halten vollkommen berechtigt ist, wie die Vergleichung zeigt.

Der Fergusonit zeigt nach Haidinger Spuren von Spaltbarkeit parallel *P*; doch mögen dieselben nicht an allen Stücken sichtbar seyn, wie auch nicht an dem mir vorliegenden. Der Tyrit hat nach Forbes keine Spaltungsflächen. Diese Angaben widersprechen sich nicht, da es, wenn die Spaltbarkeit sich überhaupt nur in Spuren zeigt, sehr leicht ist, dafs man diese Spuren nicht findet oder dafs sie überhaupt nicht an allen Stücken vorhanden sind. Die Oberfläche der Krystalle ist bei beiden unvollkommen.

Der Bruch des Fergusonit ist vollkommen muschlig, zum Theil auch uneben, überhaupt muschlig bis uneben, wie man es auch am Tyrit sehen kann.

Die Farbe beider ist bräunlich schwarz; der Glanz schwankend zwischen unvollkommenem Metallglanz und Wachsglanz; die Durchsichtigkeit keine, nur dünne Splitter sind mit gleicher gelblich brauner Farbe durchscheinend. Der Strich des Fergusonit sehr blafs braun, der des Tyrit sehr blafs graulich braun. Beide sind spröde. Die Härte des Fergusonit $= 5{,}5 - 6{,}0$, die des Tyrit nach Forbes $= 6{,}5$. Ich fand bei der Vergleichung beider, dafs die Härte durchschnittlich dieselbe ist, im Mittel $= 6{,}0$. Die Schwankungen über und unter der des Orthoklases hängen von der Art der Bestimmung ab, da die Härte nüancirt, je nachdem man die Minerale auf den wechselnden Bruchflächen ritzt, oder mit ihnen ritzt und zwar je nachdem die ritzende Ecke beschaffen ist. Mit beiden kann man den Orthoklas gleichmäfsig stark ritzen und beide werden von demselben geritzt, und die normale Härte beider ist am

sichersten = 6,0 zu setzen. Das spec. Gew. des Fergusonit ist nach Allan = 5,838, nach Turner = 5,800; das des Tyrit nach Forbes = 5,30 und = 5,56. Ich fand das spec. Gew. des Tyrit an dem einen Stück = 5,555, an dem anderen = 5,100. Die letztere niedere Zahl rührt davon her, dafs der am deutlichsten ausgebildete Krystall auf seiner Oberfläche gelbe Streifung zeigt, welche Streifung, wie man unter der Loupe sieht, von einem anderen Minerale herrührt, da die Streifen schwach hervorragen und zum Theil in den Krystall hineingehen. Es kann demnach diese Zahl nicht gelten, ich führte sie aber an, um zu zeigen, wie abweichende Resultate man finden kann, was bei einem so seltenen Minerale von Wichtigkeit ist. Die beiläufige Differenz von 3 Zehntheilen kann uns hier nicht berechtigen, den Fergusonit und das Tyrit genannte Mineral specifisch zu trennen, da einerseits dieselbe gering ist und durch geringe Beimengungen bewirkt werden kann, wie man an den beiden von mir gewogenen Krystallstücken sieht, andrerseits aber von unwesentlichen chemischen Differenzen abhängig erscheint, wie die Vergleichung der Analysen ersehen läfst.

Der Fergusonit wurde von Hartwall analysirt, und wenn man auch daraus entnehmen kann, dafs er wesentlich tantalsaure Yttererde ist, so ist die Anwesenheit der übrigen Stoffe nicht hinreichend klar geworden und eine neue Bestimmung dürfte leicht die Verhältnisse etwas anders erscheinen lassen. Eine bestimmte Formel ergiebt sich bis jetzt noch nicht, oder nur bei willkührlichen Annahmen. Dasselbe gilt auch von dem Resultate, welches Forbes bei seinem Tyrit erhielt. Beider Analysen aber zeigen unzweideutig, dafs Tantal- (Columb-) Säure und Yttererde die Hauptbestandtheile sind, dafs in beiden Ceroxydul, Uranoxydul und Eisenoxydul in geringen wechselnden Mengen vorkommen, wie verschiedene Fundorte es mit sich bringen, und dafs noch Stoffe vorhanden sind, welche wie die Thonerde, Kalkerde und Zirkonerde, wie das Zinnoxyd und das Wasser noch fernerer Erklärung bedürfen. Stellt man

beide Analysen vergleichend zusammen, 1) die des Fergusonit nach Hartwall, 2) die des Tyrit nach Forbes:

1.		2.	
47,75	Tantalsäure	44,90	Columb- (Tantal-) Säure
41,91	Yttererde	29,72	Yttererde
4,68	Ceroxydul	5,35	Ceroxydul
0,34	Eisenoxyd	6,20	Eisenoxydul
0,95	Uranoxyd	3,03	Uranoxydul
3,02	Zirkonerde	»	
1,00	Zinnoxyd	»	
		0,81	Kalkerde
		5,66	Thonerde
		4,52	Wasser

so sind zwar die Differenzen anscheinend erheblich, wenn man aber bedenkt, in wie verschiedenen Zeiten die stoffreichen Minerale analysirt wurden, so fallen sie in Rücksicht auf die übrigen übereinstimmenden Eigenschaften nicht sehr ins Gewicht und weisen nur auf erneute Prüfungen hin. Selbst der Wassergehalt, welchen Forbes fand, bedingt nicht die Trennung, da einmal Wasser im Fergusonit gleichfalls gefunden, wenn auch nicht quantitativ bestimmt wurde, zum anderen die Erfahrung vorliegt, dafs Stoffe nicht genügend bestimmt wurden, ja dafs man sie gar nicht fand, wenn man sie nicht suchte. Man darf nur eines sehr neuen Fac tums gedenken, nämlich dafs der Euklas Wasser enthält, welches dennoch früher entging.

Das Verhalten vor dem Löthrohre ist auch nahe übereinstimmend, wie die beiderseitigen Angaben zeigen; nur das *starke* Decrepitiren konnte ich nicht am Fergusonit finden, eine kleine Probe aber zeigte wenigstens, dafs er vor dem Löthrohre erhitzt decrepitirt.

Aus Allem geht hervor, dafs die in morphologischer Beziehung so genau stimmenden Minerale, deren physikalische Eigenschaften fast ganz dieselben sind, welche in den wesentlichen Bestandtheilen keine Widersprüche zeigen und deren Mengenverhältnisse nur genauer zu prüfen sind, einer

Species angehören und die Abweichungen ihre genügende Erklärung finden müssen, sobald beide chemisch genau bestimmt seyn werden.

IX. *Notiz über eine gestörte Krystallbildung des Quarzes; von Adolf Kenngott in Wien.*

Eine gestörte Ausbildung ganz eigener Art zeigt ein Krystall von *Pregratten* in *Tyrol*, welcher sich in den Sammlungen des k. k. Hof-Mineralien-Kabinets hierselbst vorfindet. Dieser Quarzkrystall (Bergkrystall) ist irgendwo abgebrochen und stellt somit ein 8 Centim. langes und 3 Centim. dickes Krystallstück dar, ist in dem unteren Theile farblos und durchsichtig und wird nach oben weifslich und halbdurchsichtig. Die obere Hälfte des Krystalles ist nämlich nicht regelrecht ausgebildet, sondern es beginnt von der Mitte des Krystallstückes an eine stenglige Zusammensetzung in der Art, dafs die obere Hälfte aus sehr vielen kleinen parallel gestellten, meist linearen Krystallen zusammengesetzt ist. Hierbei findet jedoch nicht die gewöhnliche Erscheinung grofser aus kleinen Krystallen zusammengesetzter Krystalle statt, dafs nämlich die Summe der kleinen Individuen den grofsen Krystall darstellt, sondern die Ausbildung des grofsen Krystalls ist dazu noch an Masse mangelhaft und die Mangelhaftigkeit zeigt eine bestimmte Vertheilung. — Zunächst ist der grofse Krystall ohne pyramidale Spitze, und wenn wir die Hauptcontouren im Auge behalten und im Gedanken von den vielen kleinen Krystallen abstrahiren, so würde derselbe nach oben eine Durchwachsung dreier Krystalle $\infty P . P$ darstellen, welche durch vorherrschende Ausdehnung zweier gegenüberliegender Pyramidenflächen P und zweier entsprechenden paral-

lelen Prismenflächen ∞P orthorhombischen Charakter erlangt haben.

Fig. 12 Taf. V stellt ein solches Gebilde dar, welches oben eine derartige Drillingsbildung mit allmählich verwachsenden Individuen zeigt. Unser Krystall würde so ausgesehen haben, wenn er sich nach oben in nicht mehr als drei Individuen zertheilt zeigte. Die Anlage jedoch, gerade diese drei domatischen Leisten, welche sich unter 60° kreuzen, zu bilden, ist trotz der sehr vielen kleinen Individuen zu erkennen, und aus Fig. 13 Taf. V läfst sich beiläufig das ersehen, was man in natura sieht. Bei der Schwierigkeit, eine so complicirte Verbindung von über 100 kleinen Individuen zu zeichnen, ohne dafs die Zeichnung mifsverstanden wird, hielt ich es für zweckmäfsig, durch die Projection (Fig. 13) anzudeuten, wie der Krystall sich etwa ausnimmt, längs der Hauptaxe gesehen, ohne dafs es möglich war, in der Zeichnung die wirkliche Gröfse der Individuen gegeneinander nachzubilden.

In der Richtung der in Fig. 12 Taf. V extrem ausgedrückten domatischen Leisten gruppiren sich an Gröfse verschiedene, an Höhe gleiche Individuen, die auch meist so platt ausgebildet sind, während die danebenstehenden Individuen an Höhe bedeutend zurücktreten, und verlaufende keilförmige Einschnitte oder Senkungen, entsprechend denen der Fig. 12, bilden, welche in Fig. 13 durch den Schatten dargestellt sind.

Fast alle kleinen Krystalle stehen in ihrer geraden parallelen Stellung; nur hin und wieder sind einzelne ein wenig verrückt, als wäre das ganze Aggregat nicht fest genug gewesen, um kleine Störungen des Fluidum zu widerstehen, in dem sich der Krystall bildete. Da der Krystall ein loser, abgebrochener ist, so läfst sich über die mögliche äufsere Einwirkung auf den sich bildenden Krystall nichts sagen, warum er sich in so viele kleine, dabei so symmetrisch gestellte Individuen auflöste; aus dem ganzen Aussehen aber geht wahrscheinlich hervor, dafs die Störung in der Ausbildung wohl Mangel an Material und gleichzeitig an

Raum gewesen seyn mag, woraus sich auch einigermaſsen bei fehlender Spitze die drillingsartige Gruppirung erklären läſst. Da ich bis jetzt noch nie ein dergleichen Gebilde des Quarzes unter überaus reichem Material gesehen habe, hielt ich es für angemessen, darüber eine Mittheilung zu machen, und es dürfte sich leicht irgendwo ein erläuterndes Gegenstück finden.

X. *Ueber die Darstellung des Urans; von Hrn. E. Peligot.*

(*Compt. rend. T. LXII. p.* 73.)

Ich habe die Ehre, der Akademie einige Stücke eines bei hoher Temperatur geschmolzenen Urans vorzulegen. Als ich dieses Metall i. J. 1842 im isolirten Zustande kennen lehrte [1]), zeigte ich, daſs man es, wenn Uranchlorür mit Kalium behandelt wird, theils als schwarzes Pulver, theils im zusammengebackenen Zustande als Plättchen von einem dem des Silbers vergleichbaren Metallglanz bekommt; allein, da diese Operation in einem Platintiegel vorgenommen worden, so stand zu fürchten, daſs sich eine Legirung von Uran und Platin gebildet hätte. In der That wies ich in den metallisch glänzenden Theilen die Gegenwart einer kleinen Menge Platin nach. Mehrfach versuchte ich damals Uran in nicht-metallischen Tiegeln darzustellen; allein immer barsten diese in Folge der durch die Reaction entstehenden zu plötzlichen Temperatur-Erhöhung.

Die Leichtigkeit, mit welcher man sich gegenwärtig durch das Verfahren des Hrn. Deville Natrium verschaffen kann, hat mich veranlaſst, meine Versuche wiederum aufzunehmen, unter Ersetzung des Kaliums durch Natrium. Nach mehren fruchtlosen Versuchen ist es mir geglückt,

1) S. Annal. Bd. 54, S. 122. (*P.*)

das Uran rein und geschmolzen, mit allen wahrhaft metallischen Kennzeichen auf folgende Weise zu erhalten.

In einem glasurten Porcellantiegel bringt man die nöthige Menge Natrium zur Zersetzung des grünen Uranchlorürs, welches, wie ich angegeben, bereitet wird, wenn man eins der Oxyde dieses Metalls der gleichzeitigen Einwirkung von Chlor und Kohle aussetzt. Man bedeckt das Natrium mit recht trocknem Chlorkalium und darauf mit einem Gemenge von diesem selben Salze und dem zu zersetzenden Uranchlorür. Der Tiegel, versehen mit seinem Deckel, wird in einem beschlagenen irdenen Tiegel gesetzt, den man mit Kohlenstaub füllt und dann auch mit seinem irdenen Deckel verschliefst. Der Zusatz des Chlorkaliums hat den Zweck, die Reaction weniger instantan und weniger lebhaft zu machen.

Der Tiegel wird erhitzt, bis sich die Reaction einstellt; das hört man an dem Geräusch, welches in diesem Moment vernehmbar wird. Sogleich bringt man den Tiegel in den Windofen und erhitzt ihn 15 bis 20 Minuten lang bis zur Weifsgluht. Nach dem Erkalten findet man in dem Porcellantiegel eine geschmolzene Schlacke, welche mehre Urankügelchen einschliefst.

So dargestellt, besitzt dieses Metall eine gewisse Schmiedbarkeit. Obwohl hart, wird es leicht vom Stahl geritzt. Seine Farbe erinnert an die des Nickels oder Eisens. An der Luft nimmt es, in Folge einer schwachen Oxydation an der Oberfläche, eine etwas gelbliche Farbe an. Bis zur Rothgluht erhitzt, zeigt es plötzlich ein lebhaftes Erglühen und bedeckt sich mit einem voluminösen schwarzen Oxyd, in dessen Innern man noch nicht oxydirtes Metall antrifft, wenn die Wirkung der Wärme bei Zeiten unterbrochen wird.

Seine Dichtigkeit ist sehr merkwürdig; sie beträgt 18,4. Es ist also nach dem Platin und Golde der dichteste Körper, den wir kennen. Dieses specifische Gewicht rechtfertigt auch vielleicht das hohe Aequivalent, welches ich dem Uran beigelegt habe.

Endlich habe ich gefunden, daſs man das Uran auch aus demselben grünen Chlorür mittelst Aluminium darstellen kann. Seine Darstellung durch diese Reaction beruht ohne Zweifel auf der groſsen Flüchtigkeit des Chloraluminiums.

XI. *Ueber den dichten Borazit von Stasfurt; von G. Rose.*

(Aus d. Monatsbericht. d. Akad. 1856. Febr.)

Im Jahre 1846 wurden aus dem Bohrloche von Stasfurt [1]), als man in einer Tiefe von 797 Fuſs zu einem schon sehr mit Steinsalz gemengten Anhydrit, der das Liegende eines 147 Fuſs mächtigen festen steinsalzfreien Anhydrits bildete, gekommen war, gröſsere und kleinere Stücke einer Substanz herausgezogen, die im Ganzen Aehnlichkeit mit einem weiſsen dichten Kalkstein hatte, aber von Karsten für wasserfreie borsaure Talkerde erkannt wurde.

Nach der Analyse, die er in der Sitzung vom 7. Juni 1847 der Akademie mittheilte [2]), enthielt dieselbe

Talkerde	29,48
Borsäure	69,49
Kohlensaures Eisenoxydul mit Spuren von kohlensaurem Manganoxydul und von Eisenoxydhydrat	1,03
	100.

Karsten fand ferner ihr specifisches Gewicht = 2,9134 und ihre Härte zwischen 4 und 5. In verdünnter Salz-, Salpeter- und Schwefelsäure löste sie sich leicht, und in concentrirter Fluſssäure ohne alle Entwickelung von Wärme auf.

Der krystallisirte Borazit von Lüneburg, wenn man an-

1) Stasfurt liegt an der Bode 5 Meilen südlich von Magdeburg.
2) Monatsberichte der Akad. von 1847 S. 19.

nimmt, dafs er eine Verbindung von 3 Atomen Talkerde und 4 Atomen Borsäure ($\dot{M}g^3 \dddot{B}^4$) ist, besteht aus:

Talkerde 30,76
Borsäure 69,24

und hat nach Rammelsberg ein specifisches Gewicht 2,955. Diese Zahlen weichen so wenig von den von Karsten gefundenen ab, dafs letzterer hierdurch sich bewogen fand, das Mineral von Stasfurt auch für Borazit und also für eine dichte Abänderung desselben zu halten.

Später fand Prof. Karsten (der Sohn [1])), dafs wenn man feine zerriebene Theilchen des Minerals von Stasfurt auf einer Metallplatte über der Spirituslampe erwärmt, sich allerhand Bewegungen bemerklich machen, die Theilchen sich voneinander schieben, und zusammenballen, sich anziehen und abstofsen, und sich völlig auf dieselbe Weise wie gepulverte Borazitkrystalle verhalten; er sah daher darin noch einen Grund mehr, das Mineral von Stasfurt für Borazit zu halten. Dafür erklärt sich endlich auch Volger in seiner neueren Schrift über den Borazit [2]), indem er noch die Schwierigkeit, die für die Identitätsannahme des Stasfurter Minerals mit dem Borazit in der bei weitem leichteren Auslöslichkeit des ersteren in Chlorwasserstoffsäure liegen könnte, durch die Annahme zu heben sucht; dafs sie durch die grofse Feinheit seiner krystallinischen Theilchen hervorgebracht sey. Die Meinung, dafs das Stasfurter Mineral Borazit sey, fand nirgends Widerspruch.

Indessen lassen sich doch gegen diese Meinung recht wichtige Einwendungen machen. Schabt man von dem leicht zerreiblichen Stasfurter Mineral mit dem Messer einige kleine Theile ab, und betrachtet sie unter dem Mikroskop, so erscheinen dieselben keinesweges structurlos, und ohne das geringste krystallinische Gefüge, wie Prof. Karsten bei Beschreibung seiner elektrischen Versuche erwähnt, sondern

1) Poggendorff's Ann. 1847, Bd. 71, S. 243.
2) Versuch einer Monographie des Borazits, Hannover, 1855, S. 84.

als ein Aggregat von lauter prismatischen Krystallen von verschiedener Gröfse, die bei 360maliger Vergröfserung die scheinbare Gröfse eines Körpers von 1 bis 3 Linien in deutlicher Sehweite haben. Endkrystallisation ist bei ihnen nicht wahrzunehmen; indessen haben doch Krystalle, welche zum regulären Krystallisationssystem gehören, ein solches Ansehen nie, die kleinen Krystalle von Stasfurt können daher nicht wie der Borazit zum regulären System gehören.

Hierzu kommen noch die anderen Unterschiede. Die borsaure Talkerde von Stasfurt löst sich zerrieben in concentrirter Chlorwasserstoffsäure bei Erwärmung mit der Spirituslampe fast augenblicklich auf [1]), und aus der erkalteten Auflösung scheidet sich nach einiger Zeit Borsäure-Hydrat als ein weifser krystallinischer Niederschlag aus, bei welchem man die Form der einzelnen Krystalle (die sechsseitigen Tafeln) bei schwacher (90maliger) Vergröfserung sehr gut erkennen kann. Sehr fein zerriebener durchsichtiger Borazit von Lüneburg löste sich in derselben Chlorwasserstoffsäure viel längere Zeit gekocht, gar nicht auf, es schied sich beim Erkalten der Auflösung keine Borsäure aus, und die Chlorwasserstoffsäure enthielt auch keine Talkerde.

Vor dem Löthrohr schmilzt das Mineral von Stasfurt viel leichter als der durchsichtige Borazit. Man kann von ersterem ein kleines Stück auf der Kohle zur Kugel schmelzen, was mit dem Borazit nicht angeht; man mufs bei diesem einen starken Luftstrom anwenden, und daher das Stück mit der Platinzange halten, wobei man es dann an den Rändern zum Schmelzen bringt. Sonst sind die Erscheinungen dieselben, beim Erkalten der geschmolzenen Kugel treten aus der Oberfläche eine Menge kleiner Blasen hervor, und die Oberfläche bedeckt sich mit feinen prismatischen Krystallen, die unter der Lupe ganz deutlich sind.

Im Kolben vor dem Löthrohr erhitzt geben sowohl das

1) Nach einer späteren Mittheilung von Hrn. Rammelsberg ist sie sogar schon etwas in reinem Wasser löslich.

Stasfurter Mineral als der Borazit ein geringes weifses Sublimat, was sich beim Borazit nirgends erwähnt findet. Er besteht wohl offenbar aus Borsäure, und erscheint unter dem Mikroskop bei 90maliger Vergröfserung aus kleinen quadratischen Tafeln bestehend. Zuweilen decrepitirt das Stasfurter Mineral und giebt dann im Kolben erhitzt, viel Wasser, in diesem Fall ist ihm aber eine wasserhaltige Chlorverbindung, die auch in gröfseren Massen mit ihm zusammen vorkommt, in geringer Menge beigemengt.

Das specifische Gewicht des Stasfurter Minerals, welches nach der Angabe von Karsten 2,9134 beträgt, ist zwar nicht viel von dem des Borazits 2,955, indessen doch immer etwas verschieden.

Hiernach erscheint doch das Stasfurter Mineral durch so wesentliche Eigenschaften von dem Borazite geschieden, dafs man es für ein besonderes Mineral anzusehen, und demnach mit einem besonderen Namen zu bezeichnen hat. Der Verf. schlägt dazu nach seinem Fundorte den Namen Stasfurtit vor. Bestätigt sich die gleiche Zusammensetzung, die es nach der Analyse von Karsten mit dem Borazit hat, so wäre es mit diesem heteromorph, und man könnte vielleicht auf diese Weise eine Erscheinung beim Borazite erklären, die bisher etwas sehr Räthselhaftes hatte, dafs er nämlich häufig undurchsichtig und nur aus fasrigen Theilen zusammengesetzt erscheint, die auf den Krystallflächen, und namentlich den Dodekaëder- und den Hexaëderflächen senkrecht stehen. Man könnte nun annehmen, dafs diese Krystalle Pseudomorphosen nach Stasfurtit wären, dessen fasrige Individuen auf den Krystallflächen senkrecht stehen, wie diefs öfter bei Pseudomorphosen vorkommt, wie z. B. bei dem geschmolzenen Zucker, wenn er undurchsichtig geworden ist, oder bei den Pseudomorphosen von Göthit nach Eisenkies [1]).

Volger, der in seinem angeführten Werke die Borazite mit fasriger Structur ausführlich bespricht, erklärt dieselben auch für Pseudomorphosen, ist aber der Meinung,

1) Vergl. Poggendorff's Ann. Bd. 28, S. 577.

dafs die fasrigen Individuen ein neues Mineral von verschiedener Zusammensetzung mit dem Borazite sind, das er Parasit nennt. Indessen ist doch der Unterschied in der Zusammensetzung der undurchsichtigen Borazite mit fasriger Structur und der durchsichtigen unveränderten nach den Analysen sowohl von Rammelsberg als von Weber zu gering, um die ersteren, wenn man auch berücksichtigt, dafs sie gewöhnlich nur zum Theil umgeändert sind, für ein in der Zusammensetzung von den durchsichtigen Boraziten verschiedenes Mineral zu halten.

Sind aber die Borazite mit fasriger Structur als in eine heteromorphe Substanz und zwar in Stasfurtit verändert anzusehen, so müssen sie in diesem Falle in Chlorwasserstoffsäure leicht auflöslich und vor dem Löthrohr auf der Kohle schmelzbar seyn. Das letztere ist augenscheinlich der Fall, das erstere bewährte sich durch den Versuch aber nur zum Theil, denn als der Verf. einige fasrige Borazitkrystalle feinzerrieben und in einem Reagenzglase mit derselben Chlorwasserstoffsäure, mit welcher er die durchsichtigen Krystalle behandelt hatte, kochte, schien sich erst nichts aufzulösen, als er aber das Reagenzglas nach einiger Zeit betrachtete, fand er, dafs sich nun auf der unaufgelöst gebliebenen Masse doch eine nicht unbedeutende Menge Borsäurehydrat abgesetzt hatte. Es war also doch ein Theil der fasrigen Krystalle durch die Chlorwasserstoffsäure zersetzt worden. Es ist möglich, und sogar wahrscheinlich, dafs der Grund, weshalb sich nicht alles aufgelöst hatte, darin lag, dafs die angewandten Borazitkrystalle nur zum Theil in Stasfurtit umgeändert waren, indessen bedarf die Sache doch noch weiterer Untersuchung.

In dem grofsen Schachte, welchen man jetzt in Stasfurt abteuft, ist man nun schon bis zu dem Stasfurtit gekommen. Hr. Apotheker Tuchen in Stasfurt hat meinem Bruder schon mehrere Stücke desselben, sowie auch Proben von den übrigen ihn begleitenden merkwürdigen Mineralien gesandt. Mein Bruder wird die Analyse des Stasfurtit wiederholen und darüber entscheiden, ob er dieselbe Zusammen-

setzung habe, als der Borazit. Vielleicht wird man nun auch Stücke von Stasfurtit antreffen, in welchen derselbe deutlicher krystallisirt ist, so daſs man etwas genaueres über seine Krystallform wird bestimmen können.

XII. *Ueber die Fluorescenz eines Stoffes in der Rinde von Fraxinus excelsior; vom Fürsten von Salm-Horstmar.*

Wird das Decoct dieser Rinde erst mit Bleizucker gefällt, dann das Filtrat mit *Bleiessig* gefällt, dieser schöne gelbe Niederschlag gewaschen und feucht in wenig Wasser suspendirt, durch einen lang anhaltenden Strom von Schwefelwasserstoffgas vollständig zersetzt, das Schwefelblei etc. abfiltrirt, so erhält man ein gelbes Filtrat *ohne* Fluorescenz; sobald man aber, nach Entfernung des Schwefelwasserstoffs, die saure Flüssigkeit mit *Ammoniak* im Ueberschuſs versetzt, (wobei kein Niederschlag entsteht, wenn das Schwefelwasserstoffgas alles gefällt hat, auch die Spuren von Antimon), so zeigt sich eine starke *blaue* Fluorescenz. Wird nun die Flüssigkeit im Sandbad in einem Glase bis zu dickem Syrup eingeengt und mit Alkohol übergossen, durchgerührt und erhitzt, so scheidet sich das Gummi aus und man erhält eine bräunliche stark fluorescirende Lösung, nachdem der Gummi abgeschieden ist. Man kann die Flüssigkeit noch durch Thierkohle entfärben, man erhält aber beim Eindampfen und Stehenlassen in der Kälte *keine* Krystalle, sondern es ist eine gummiartige Substanz von bitterem Geschmack.

Diese Flüssigkeit zeigt im Tageslicht die schönste *blaue* Fluorescenz, selbst wenn man einen Tropfen davon in etwas Alkohol im Glase herumschwenkt, so daſs das Glas nur von der dünnsten Schicht überzogen ist. Hält

man nun dieses Glas in einen Kasten von blauem Kobaltglas, so tritt an die Stelle der *blauen* Fluorescenz eine *schwefelgelbe.*

Als ich die Fluorescenz der Flüssigkeit im Sonnenspectrum prüfte, fand ich keine Fluorescenz im Roth und im Gelb des Spectrums; sie begann erst im blauen Licht, war am stärksten in der Mitte des violetten Theils und war noch sichtbar in den unsichtbaren Strahlen hinter dem Ende des Violets.

Als ich nun die Auflösung von saurem schwefelsaurem Chinin und die von Aesculin in das durch eine starke Lösung von schwefelsaurem Kupferoxyd-Ammoniak gegangene Licht brachte, zeigten *beide* gleichfalls eine *gelbe* Fluorescenz, und dafs es auf keiner Täuschung beruhte, davon konnte man sich am Spiegelbild der Wände des blauen Kastens überzeugen, wo man das gelbe Licht im Spiegelbilde sah.

Es schienen also die blauen Strahlen des fluorescirenden Lichtes von der Flüssigkeit absorbirt zu werden und die gelben Strahlen, die das Blau enthielt, reflectirt zu werden.

XIII. *Ueber die Anwendung des galvanischen Stromes bei Bestimmung der absoluten magnetischen Inclination; von J. Lamont.*

(Mitgetheilt vom Hrn. Verf. aus d. Gelehrt. Anzeigen der Münchn. Acad. 1856, Jan.

Der galvanische Strom ertheilt einer frei beweglichen Nadel ein *magnetisches Moment*, und übt zugleich eine *Directionskraft* aus, deren Gröfse mit aller Präcision bestimmt werden kann. Es ist offenbar, dafs wenn man die Richtung und Kraft einer Nadel einmal unter der Einwirkung des Erdmagnetismus allein, dann unter der combinirten Einwirkung des Erdmagnetismus und eines galvanischen

Stromes beobachtet, Gleichungen entstehen werden, die zu vortheilhafter Bestimmung verschiedener Constanten, wovon magnetische Messungen abhängig sind, angewendet werden können.

Zur Erläuterung begnüge ich mich damit, eine specielle Anwendung dieses Verfahrens bei der Messung der absoluten Inclination näher anzudeuten.

Bei den Zapfen einer Inclinations-Nadel kann man voraussetzen, dafs jeder senkrechte Durchschnitt ein vollkommener Kreis ist; den sonst geforderten Bedingungen kann mechanisch nicht streng genügt werden. Ferner ist das Ummagnetisiren eine Operation, welche kaum vorgenommen werden kann, ohne dafs der Schwerpunkt, sey es durch die Reibung, sey es durch die Handhabung der Nadel eine Aenderung erleidet. Soll demnach eine Inclinationsbestimmung *sicher* seyn, so mufs bei den verschiedenen Operationen *derselbe Theil der Zapfen* auf den Lagern sich befinden, und die Nadel selbst darf *weder ummagnetisirt*, *noch sonst mit der Hand berührt* werden. Diesen Bedingungen ist durch Anwendung eines galvanischen Stromes, der in einem ziemlich weiten Kreise das Inclinatorium umgiebt, so zwar, dafs die Ebene des Kreises durch die Axe der Nadel geht, und immer sehr nahe auf die Richtung der Nadel senkrecht steht, leicht zu genügen. Es wird eine erste Beobachtung in der gewöhnlichen Weise vorgenommen, bei einer zweiten Beobachtung läfst man den galvanischen Strom *mit* dem Erdmagnetismus wirken, bei einer dritten Beobachtung wird der Strom umgekehrt und wirkt dem Erdmagnetismus *entgegen*. Man mufs alsdann das Inclinatorium um 180° im horizontalen Sinne drehen, und die drei Beobachtungen in derselben Weise wiederholen, so dafs man im Ganzen sechs Beobachtungen, drei bei »Kreis Ost« und drei bei »Kreis West« erhält. Aus den daraus gebildeten sechs Gleichungen kann man nun den Einflufs der Schwere, die Collimation des Kreises und der magnetischen Axe der Nadel, so wie die absolute Richtung des Stromes eliminiren, und erhält eine

Bestimmung der Inclination, die weniger Operationen erfordert, und auf weit sicherern Einstellungen beruht, als die gewöhnliche Methode.

XIV. *Ozon-Beobachtungen im Jahre 1855; von Prof. Dr. R. Wolf.*

Die Ozon-Beobachtungen, welche ich in der ersten Hälfte des Jahres noch selbst in Bern anstellte, und in der zweiten Hälfte von meinem Nachfolger, Hrn. Koch, in gleicher Weise fortgesetzt wurden, ergaben, als mittlere Summe der zweitäglichen Ablesungen, im

Januar	11,11	Winter	12,20
Februar	12,39	Frühling	9,31
März	12,27	Sommer	9,04
April	7,82	Herbst	8,73
Mai	7,85		
Juni	10,63	Jahr	9,82
Juli	8,68		
August	7,82		
September	9,10		
October	7,03		
November	10,05		
December	13,12		

Für die täglichen Beobachtungen, und die aus den früheren Beobachtungsjahren gezogenen Schlüsse verweise ich theils auf die Mittheilungen der naturforschenden Gesellschaft in Bern, theils auf meine Schrift: Ueber den Ozongehalt der Luft und seinen Zusammenhang mit der Mortalität. Bern 1855. 8.

Zürich den 2. Febr. 1856.

XV. *Der Halske'sche Stromunterbrecher.*

Das Princip dieses kleinen und sehr sauber ausgeführten Instruments ist bereits von Hrn. Dr. Sinsteden in seiner letzten Abhandlung (Annal. Bd. 96, S. 365) bei Gelegenheit einer ähnlichen, gleichfalls von Hrn. Halske construirten Vorrichtung auseinandergesetzt worden. Von dieser unterscheidet sich das gegenwärtige Instrument im Wesentlichen nur dadurch, dafs es ein Individuum für sich darstellt, welches durch Drähte mit jedem beliebigen Inductionsapparat verbunden werden kann.

Fig. 14 und 15 Taf. V zeigen es, verkleinert nach einer von Hrn. Halske gefälligst mitgetheilten Zeichnung, im Auf- und Grundrifs. Bei der im Allgemeinen bekannten Einrichtung des Wagner'schen Hammers werden wenige Worte hinreichen, die Abweichungen von diesem klar zu machen. *AB* ist ein Hebel, der sich bei *C* um eine horizontale Axe dreht und mittelst dieser von der Stütze *D* getragen wird. Durch die stählerne Spiralfeder *E*, die sich mittelst einer Schraube mehr oder weniger spannen läfst, wird der Hebelarm *CB* herunter, und folglich der andere *CA* in die Höhe gezogen, so dafs letzterer, wenn kein elektrischer Strom durch das Instrument geht, das in einem Stift auslaufende Ende der von der Stütze *G* getragenen Schraube *F* berührt. Verbindet man *D* und *L* mit einer Volta'schen Kette *PZ*, so nimmt der Strom seinen Weg von *D* nach *F* und *G*, durch den Inductionsapparat *JJ* und den um das Hufeisen *M* gewickelten Draht nach *K*, *L* und zurück nach *D*, und, indem dabei das Hufeisen *M* zu einem Elektromagnet wird, zieht es den Anker *A* am Ende des Hebelarmes *CA* herab. Bei dem gewöhnlichen Hammer verläfst dabei dieser Arm sogleich den Stift der Schraube *F*, welchen er bis dahin berührte. Hier aber wird die Berührung noch eine Weile unterhalten, indem, wenn der Hebelarm herabgeht, sich die auf demselben

befindliche kleine Feder *nn* hebt, bis sie den Rand der Schraube *p* erreicht, und erst, wenn diefs geschehen ist, erfolgt die Trennung von dem Platinstift und somit die Oeffnung der galvanischen Kette. Das Umgekehrte findet statt, wenn nach der Oeffnung der Elektromagnet *M* seine Wirkung verliert und den Arm *AC* wieder in die Höhe steigen läfst. Er steigt, auch nachdem die Feder *nn* mit dem Stift der Schraube *F* in Berührung getreten ist, so lange bis sie von diesem ganz auf den Hebelarm nieder gedrückt ist. Durch beide Vorgänge wird, ohne dafs der Act des Oeffnens der Kette an Plötzlichkeit verliert, die Dauer des Geschlossenseyns derselben beträchtlich verlängert, und damit zugleich aus bekannten Gründen die Intensität des Inductionsstroms erhöht. Aufser diesem Vorzug empfiehlt sich dieses Instrument noch dadurch, dafs es einen sehr leisen Gang besitzt.

Sämmtliche Theile desselben sind von Messing, mit Ausnahme derer, die nothwendig von einem anderen Material seyn müssen. Die Platte auf der kleinen Feder *nn*, gegen welche der Stift drückt, besteht aus einer Legirung von Platin. Die nöthige Isolation der verschiedenen Theile des Instruments, namentlich der Stützen *D* und *G*, ist dadurch bewerkstelligt, dafs die Fufsplatte, in welche sie eingeschraubt sind, von gehärtetem Kautschuck (sogenannter Kamm-Masse) verfertigt ist.

ll, eine etwas federnde Messingzunge, welche sich um *L* in horizontaler Richtung drehen läfst und am andern Ende mit einer Handhabe und einem in das concave Stück *K* eingreifenden Knopf versehen ist, ist ein Schlüssel, um die Verbindung des Instruments mit der Volta'schen Kette jederzeit leicht herstellen und unterbrechen zu können. *P.*

XVI. *Elektricitätsleitung des Aluminiums.*

Da über die Elektricitätsleitung des Aluminiums bisher noch keine Untersuchung vorgenommen worden, so dürfte eine Messung derselben, wenn sie auch nicht auf die letzte Genauigkeit Anspruch macht, Interesse genug besitzen, um in ihrem Resultate veröffentlicht zu werden. Der dazu erforderliche Draht stammte von Hrn. Prof. Werther in Königsberg her, der ihn aus Pariser Aluminium hatte ziehen lassen, und seinen Gebrauch verdanke ich Hrn. Prof. Riefs. Er wurde verglichen mit Kupferdraht aus der Schumann'schen Fabrik hieselbst, der durch dasselbe Loch gezogen worden. Trotzdem waren beide Drähte, wie es gewöhnlich bei Verschiedenheit des Materials der Fall ist, nicht ganz gleich an Dicke. Nach einer mikroskopischen Messung des Hrn. Prof. Riefs betrug der Radius des Aluminiumdrahts 0,04989 par. Lin. und der des Kupferdrahts 0,05079. Von beiden Drähten wurden 49 par. Zoll ausgespannt, und bei gewöhnlicher Zimmertemperatur nach der Wheatstone'schen Methode mit dem neusilbernen Mefsdraht meines Rheochords verglichen. Es zeigte sich, dafs der Kupferdraht, hinsichtlich seines Widerstandes, gleich war 16,20 par. Zoll jenes Mefsdrahts, der Aluminiumdraht dagegen 32,72. Aus diesen Datis ergiebt sich die Leitungsfähigkeit des Aluminiums =51,30, wenn man die des Kupfers =100 setzt. Das Aluminium leitet also die Elektricität nur etwa halb so gut wie Kupfer, ist aber doch nächst diesem, nächst Silber und Gold der beste Elektricitätsleiter. Wahrscheinlich verhält es sich auch so mit seiner Wärmeleitung [1]).

Poggendorff.

1) Aus dem eben erhaltenen Märzheft der *Ann. de chim. et de phys.* d. J. ersehe ich, dafs das in Paris käufliche Aluminium nicht ganz rein ist, sondern nach Hrn. Salvétat's Analyse in 100 enthält: 88,35 Aluminium, 6,38 Kupfer, 2,40 Eisen, 2,87 Silicium, nebst einer Spur von Blei. Die obige Bestimmung gilt also wahrscheinlich für eine ähnliche Legirung. *P.*

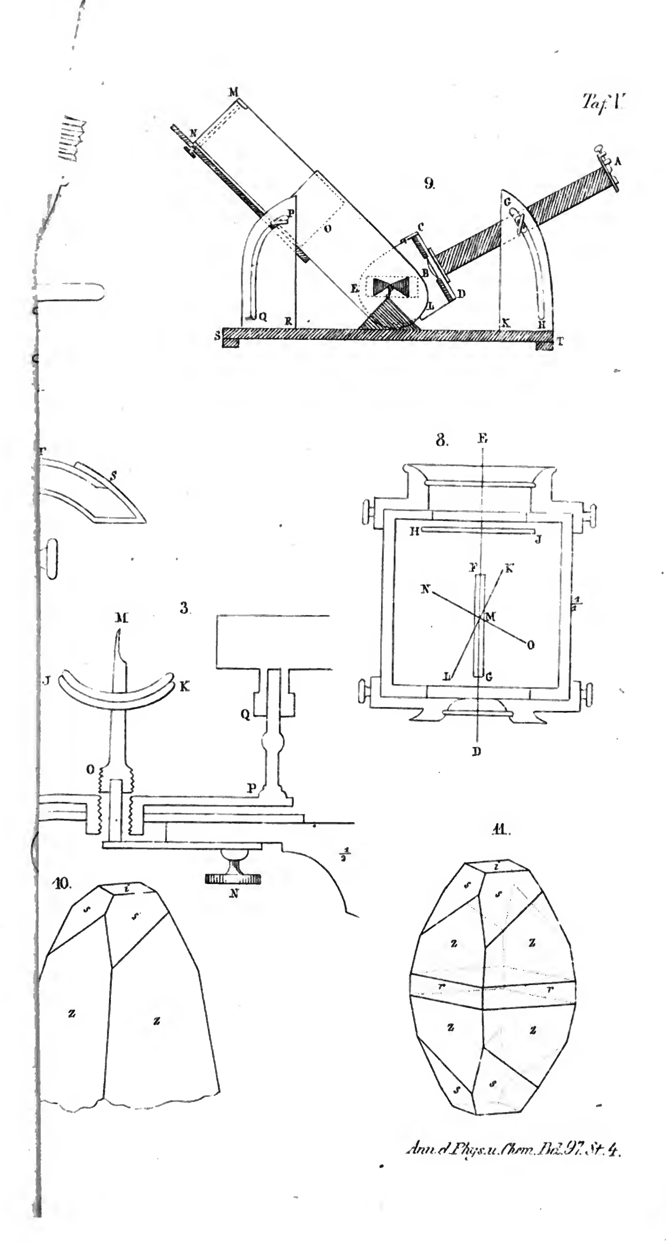
XVII. *Krystallform des Siliciums.*

In einer früheren Notiz (*Compt. rend. T. XLII*, p. 52) hatte Hr. Sénarmont zu finden geglaubt, dafs die Krystallform des Siliciums dem rhomboëdrischen Systeme angehöre; kürzlich (a. a. O. p. 345) berichtigt er diese Angabe dahin, dafs die damals untersuchten Krystalle nicht sechsseitige Prismen und Rhomboëder seyen, sondern Rhombendodecaëder, ungemein verlängert in Richtung einer der hexaëdrischen Axen, und mit den drei Flächen eines regelmäfsigen Tetraëders zur Endigung. Er hält sich demnach für berechtigt, die Krystallform des Siliciums, wie die des Diamants, für regelmäfsig zu halten, jedoch mit einer gewissen Neigung zur tetraëdrischen Hemiëdrie. Bestätigt wird diese Ansicht dadurch, dafs es Hrn. Descloizeaux gelungen ist, aus einer anderen von Hrn. Deville erhaltenen Probe Silicium fast isolirte Octaëder auszulesen, die an allen Kanten den Winkel 109° 28′ zeigten.

XVIII. *Nachtrag zum Aufsatz des Fürsten von Salm-Horstmar.*

So eben erhalte ich durch die Güte des Hrn. Verf. eine Probe des von ihm aus der Eschenrinde dargestellten Stoffs, und damit Gelegenheit, mich selbst von der ausgezeichneten Fluorescenz desselben zu überzeugen. Die bei Tage bläulich schillernde Lösung erscheint im blauen Inductionslicht wie eine schwefelgelbe Milch, ganz von der Farbe des Uranglases. *P.*

Gedruckt bei A. W. Schade in Berlin, Grünstr. 18.



Taf. V.
9.
M
N
P
O
C
B
E
L
D
G
A
Q
R
K
H
S
T
8.
E
H
J
F
K
N
M
O
L
G
D
3.
M
J
K
O
Q
P
N
10.
11.
z
s
r

